

Henri Perälä

TIETOMALLINTAMISEN TULEVAISUUDEN TARPEET INFRARAKENTAMISESSA

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Maaliskuu 2020

TIIVISTELMÄ

Henri Perälä: Tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infrarakentamisessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Maaliskuu 2020

Tietomallintaminen on kehittynyt nopeaan tahtiin viime vuosina. Tietomallintaminen on yksi keino parantaa infrarakentamisen tuottavuutta. Mallipohjainen tiedonkäsittely mahdollistaa, että tietoa pystyvät tulkitsemaan ihmisten lisäksi myös tietotekniset järjestelmät ja sovellukset. Alan tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä infra-alan suunnittelu- ja tuotantoprosessit ovat kauttaaltaan digitalisoituja. Työn tavoitteena on tunnistaa tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infrarakentamisessa sekä arvioida, kuinka urakoitsijan on tarkoituksenmukaista varautua tulevaisuuden näkymiin. Työssä huomioidaan myös taloudellinen näkökulma ja arvioidaan tietomallintamisen kustannusjakaumaa tulevina vuosina.

Diplomityön tutkimusaineisto koostuu kirjallisuudesta ja asiantuntijahaastatteluista. Kirjallisuuskatsauksen avulla selvitetään tietomallintamiseen liittyvää ohjeistusta ja standardeja sekä teknologian nykytilaa. Käsiteltäviä teemoja ovat koneohjaus, tiedonhallinta, reaaliaikainen tilannekuva ja automaattiajaminen. Ajankohtaisen tiedon saamiseksi työtä varten haastateltiin 11 asiantuntijaa, jotka edustavat alan eri osapuolia. Haastattelut olivat tärkeä osa tutkimusta, sillä tietomallintamisen nopean kehittymisen vuoksi kirjallinen tutkimustieto vanhenee nopeasti. Tulevaisuuden näkymien ja tarpeiden pohjalta työssä hahmotellaan lopuksi investointisuunnitelmaa kohdeyritykselle.

Tutkimuksessa selvisi, että tietomallintamista ei tällä hetkellä hyödynnetä infra-alalla tehokkaasti. Hyödyntämisen esteenä nähtiin muun muassa puutteet tiedonhallinnassa ja perinteiseen toimintatapaan perustuva toimintakulttuuri. Kaikki haastatellut asiantuntijat näkivät, että tulevaisuudessa tietomallintamisen hyödyntäminen lisääntyy ja monipuolistuu. Tavoitteena on ottaa tietomallintaminen käyttöön yhä kattavammin koko infrahankkeen elinkaaren ajaksi. Tietomallintamisen kehittämisessä on tärkeää panostaa osaamiseen ja tarjota henkilöstölle riittävät resurssit digitalisaation hyödyntämiseksi.

Tietomallintamisen eri osa-alueista koneohjausta on hyödynnetty jo nyt melko kattavasti, ja tutkimuksen mukaan sen rooli tulee tulevaisuudessa yhä kasvamaan. Kaivinkoneiden lisäksi koneohjaus tulee käyttöön yhä useampaan konetyyppiin. Myös automaatio työkoneissa tulee lisääntymään jatkossa. Reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntäminen on tulevaisuudessa nykyistä tärkeämpi osa infrarakentamista. Tilannekuva toimii päätöksenteon apuvälineenä ja sen hyödyntäminen helpottuu uuden teknologian myötä. Käsiteltävät tietomäärät rakentamisessa tulevat lisääntymään jatkossa yhä enemmän, mikä edellyttää tehokasta tiedonhallintaa. Tärkeitä osatekijöitä tiedonhallinnassa ovat standardointi ja avoimet tiedonsiirtoformaatit. Tehokkaan tiedonhallinnan hyödyntäminen käytännön arjessa vaatii ohjelmistoja projektihenkilöstön käyttöön. Kun koko työmaahenkilöstöllä on mahdollisuus hyödyntää tietomalleja, toimintatapoja on mahdollista muuttaa digitaalisemmiksi ja tietomallien käytöstä saadaan suurempi hyöty. Tärkeäksi tulevaisuuden tavoitteeksi tunnistettiin tarve hankkia työnjohtolle työvälineitä tietomallien käyttöön.

Avainsanat: tietomallinnus, infraBIM, digitalisaatio, infrarakentaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Henri Perälä: The future needs of information modeling in infrastructure construction
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Civil Engineering
March 2020

Information modeling has developed rapidly in the recent years. Information modeling is one way to improve the productivity of infrastructure construction. Model-based data processing enables data to be interpreted by IT systems and applications, in addition to humans. By 2025, the industry is aiming to fully digitalize its design and production processes. The aim of the thesis is to identify the future needs of information modeling in the field of infrastructure construction and to assess the appropriate measures for the contractor to be prepared for the future. The thesis also considers the economic aspect and estimates the cost distribution of infrastructure information modeling in the coming years.

The research material for this thesis consists of literature and expert interviews. A literary survey is used to explore guidelines and standards for information modeling and the current state of the technology. The themes discussed in the theory section are machine control, data management, real-time situation picture and automated driving. In order to obtain up-to-date information for the thesis, 11 experts representing different areas were interviewed. Interviews were an important part of the research, because the rapid development in the field of information modeling results in rapid aging of written research information. Based on future predictions and needs, the thesis finally outlines an investment plan for the target company.

The research found that information modeling is not used efficiently in the field of infrastructure construction at present. Deficiencies in information management and a working culture based on traditional ways of working were seen as barriers to the utilization of infrastructure information modeling. All interviewed experts expect that in the future the utilization of information modeling will increase and diversify. The goal is to increase the utilization of information modeling throughout the life cycle of an infrastructure project. In the development of information modeling, it is important to invest in expertise and provide the staff with sufficient resources to take advantage of the digitalization.

Of the various applications of information modeling, machine control has already been used quite extensively, and according to research, its role will continue to grow in the future. Machine control will be introduced to more and more machine types in addition to excavators. Automation in construction machines will also increase in the future. Utilizing real-time situation picture will play a more important role in infrastructure construction in the future. The situation picture serves as a tool for decision making and its utilization becomes easier with new technology. The amount of data to be handled in construction will increase in the future, which will lead to the need of effective information management. Standardization and open data exchange formats are important elements in data management. Applying effective information management in the daily activities requires software for the use of the project staff. When everybody in the project staff have access to information models, it is possible to digitize their practices and to benefit more from the use of information models. Providing site foremen with the tools for using the information models, was identified as an important goal for the future.

Keywords: Building Information Modeling, InfraBIM, digitalization, infrastructure construction

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Diplomityön tekeminen on ollut antoisa ja mielenkiintoinen projekti, varsinkin kun aihe on ollut ajankohtainen ja tärkeä tulevaisuutta ajatellen. Työ opetti paljon myös tekijäänsä. Tietomallintaminen kehittyi vauhdilla ja vaikuttaa positiivisesti varmasti kaikkien osapuolten työhön infra-alalla.

Suuri kiitos kuuluu työn tilanneelle GRK Infra Oy:lle sekä työn ohjaajille professori Kalle Vaismaalle Tampereen yliopistosta ja DI Sami Immoselle GRK:sta. Kiitos kuuluu myös kaikille haastatteluihin osallistuneille ja muille työn tekemisessä mukana olleille, kun keskusteluiden järjestäminen onnistui työkiireistä huolimatta. Ilman edellä mainittujen panosta tämän työn tekeminen ei olisi ollut mahdollista. Lopuksi haluan kiittää puolisoani Juliaa, perhettäni ja ystäviäni tuesta koko projektin ajan.

Tampereella, 27.3.2020

Henri Perälä

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. TYÖN TAUSTA.....	4
2.1 Tietomallipohjainen toiminta	4
2.2 Ohjeet ja vaatimukset.....	6
2.2.1 Väylän ohjeistus.....	7
2.2.2 Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019	8
2.2.3 Tiedonsiirtoformaatit ja nimikkeistöt	9
3. DIGITALISAATIO INFRARAKENTAMISESSA	11
3.1 Koneohjaus	11
3.1.1 Teknologia	12
3.1.2 Paikannus.....	16
3.1.3 Koneohjauksen käyttö.....	18
3.2 Tiedonhallinta.....	19
3.2.1 Tiedonhallinnan nykytila ja tulevaisuus	20
3.2.2 Työnjohdon sovellukset.....	21
3.2.3 Tiedonhallinnan kehittyminen infra-alalla	23
3.3 Reaaliaikainen tilannekuva.....	25
3.4 Automaattiajaminen tulevaisuuden haasteena	29
4. TUTKIMUSTULOKSET	32
4.1 Tutkimusmenetelmät.....	32
4.1.1 Haastattelun rakenne	32
4.1.2 Haastatteluiden toteutus	33
4.2 Tulevaisuuden näkymät	34
4.2.1 Hyödyt ja haasteet	34
4.2.2 Koneohjauksen kehittyminen	39
4.2.3 Tilannekuvan hyödyntäminen.....	42
4.2.4 Tiedonhallinnan muutokset	46
4.2.5 Ohjelmistojen kehittyminen	49
5. TUTKIMUSTULOSTEN ANALYYSI	55
5.1 Tietomallintamisen nykytila	55
5.2 Tulevaisuuden tarpeet.....	57
5.3 Investointisuunnitelman suuntaviivat	63
5.3.1 Yritys- ja hanketason ratkaisut	64
5.3.2 Aikajana.....	64
5.4 Tulosten luotettavuus	68
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	69
6.1 Yhteenveto ja päätelmät.....	69
6.2 Jatkotutkimustarpeet.....	71
LÄHTEET	73
LIITE A: HAASTATTELULOMAKE	79

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Inframalliin liittyvät peruskäsitteet ja tiedonsiirtoformaatit. (Kylmälä 2015, s. 22).....</i>	4
Kuva 2.	<i>Esittelymallin havainnollisuus verrattuna perinteiseen piirustukseen. (Liikennevirasto 2017, s.11).....</i>	5
Kuva 3.	<i>Inframallintamisen ohjekokonaisuus. (Liukas 2018)</i>	7
Kuva 4.	<i>Päätehtävät mallipohjaisessa rakennushankkeessa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 110)</i>	9
Kuva 5.	<i>IM4-formaattiin kehitettyjä uusia toiminnallisuuksia. (BuildingSMART Finland 2017).....</i>	10
Kuva 6.	<i>Esimerkkikuva tierakenteen numerointi- ja nimeämiskäytännöistä. (BuildingSMART Finland 2019c, s. 9).....</i>	10
Kuva 7.	<i>Työkoneen ohjaamoon asennettava 3D-koneohjausjärjestelmän näyttö. Kuvassa Novatron Xsite ® PRO 3D. (Novatron 2019b)</i>	13
Kuva 8.	<i>Koneohjausjärjestelmän komponentit kaivinkoneessa. (Novatron 2019c, s. 5)</i>	14
Kuva 9.	<i>Japanissa on tutkittu robotin käyttöä etäohjauksen toteuttamisessa. (Heikkilä et al. 2019, s. 3)</i>	15
Kuva 10.	<i>RTK-mittauksen periaatekuva. (Laurila 2012, s. 320).....</i>	17
Kuva 11.	<i>Koneohjausaineiston laadintaprosessi perinteisten suunnitelmakuvien pohjalta. (3D-Koppi 2019)</i>	19
Kuva 12.	<i>Tietomallintamisen kehityskulku. (Perttula & Savolainen 2019)</i>	24
Kuva 13.	<i>Tilannetietoisuuden tasot ja päätöksenteon prosessi. (Endsley 1995).....</i>	25
Kuva 14.	<i>Ilmalaserkeilauksen periaate ja parametrit. (Cronvall et al. 2012, s. 13)</i>	27
Kuva 15.	<i>Trimblen SiteVision hyödyntää AR-tekniikkaa. (Geotrim 2020).....</i>	51
Kuva 16.	<i>Aikajana tietomallintamisen tarpeista vuosina 2020-2029.</i>	65
Kuva 17.	<i>Arvio tietomallintamisen kustannusjakaumasta aikajanalla.....</i>	67

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus
BIM	Building Information Modeling, rakentamisen tiedonhallintaa kuvaava lyhenne
bSF	BuildingSMART Finland
CAN	Controller Area Network, ajoneuvoissa ja työkoneissa käytettävä tiedonsiirtoväylä
DXF	Drawing Interchange Format tai Drawing Exchange Format, tiedonsiirtoformaatti
DWG	AutoCAD-ohjelmiston alkuperäinen tiedostomuoto
Glonass	Venäjän ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä
GML	Geographic Markup Language, kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti
GNSS	Globaali satelliittipaikannusjärjestelmä
GPS	Global Positioning System, Yhdysvaltain puolustushallinnon ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä
GT	Maanmittauksessa käytetty suomalainen tiedonsiirtoformaatti
IFC	Industry Foundation Classes, infra-alalla taitorakenteissa käytettävä tiedonsiirtoformaatti
InfraBIM	Infra Built Environment Information Model, englanninkielinen lyhenne inframallille
InfraGML	GML-formaattiin perustuva infra-alan tiedonsiirtoformaatti
Inframalli	Infrakohteen tietomalli
Inframodel (IM)	Kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti, käytetään yleisesti infra-alalla
LandXML	Kansainvälinen infra-alan tiedonsiirtoformaatti
OEM	Original Equipment Manufacturer, alkuperäinen laitevalmistaja
RTK	Real Time Kinematic, satelliittipaikannuksen mittausmenetelmä
Tietomalli	Digitaalisessa muodossa olevan kohteen kolmiulotteinen kuvaus ominaisuustietoineen
VRS	Virtual Reference Station, virtuaalinen tukiasema
YIV	Yleiset inframallivaatimukset

1. JOHDANTO

Tietomallintaminen on viime vuosina kehittynyt voimakkaasti samaan aikaan kun infra-alalla kiinnostus tietomallipohjaisia toimintatapoja ja mallinnuksen hyödyntämistä kohtaan on lisääntynyt. Uuden teknologian avulla on mahdollista lisätä työn laatua, tehokkuutta ja turvallisuuttakin. Infrarakentamisessa tietomallintaminen on kuitenkin verrattain uusi tapa toimia. Uutta teknologiaa on otettu nopeammin käyttöön muussa teollisuudessa, mutta myös rakennusalaalla talonrakentamisessa on tietomalleja hyödynnetty laajemmin kuin infra-alalla. Kansainvälisesti katsottuna Suomi kulkee kuitenkin kehityksen kärjessä. Suomessa alaa on ollut kehittämässä aktiivisesti buildingSMART Finland yhteistyössä monien muiden toimijoiden kanssa. Rakentamisen digitalisaatio on tällä hetkellä murrostilassa, minkä vuoksi on syytä pohtia myös tietomallintamisen tulevaisuutta. Tulevaisuuden tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä infra-alan suunnittelu- ja tuotantoprosessit on kauttaaltaan digitalisoitu.

Tietomallilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevan kohteen kolmiulotteista kuvausta ominaisuustietoineen. Mallipohjainen tiedonkäsittely mahdollistaa, että tietoa pystyvät tulkitsemaan myös tietotekniset järjestelmät ja sovellukset ihmisen lisäksi. Infrarakentamisessa onkin otettu käyttöön muun muassa koneohjausjärjestelmät maarakennuskoneissa. 3D-koneohjauksen avulla kolmiulotteiset työsuunnitelmat saadaan näkyviin suoraan kaivinkoneen ohjaamon näytölle. Koneohjauksen avulla on mahdollista työskennellä ilman maastomerkintöjä, mikä tehostaa ja nopeuttaa rakentamisprosessia.

Tavoitteena tietomallintamisessa on, että suunnittelu tapahtuisi alusta alkaen suunnittelujärjestelmässä, joka tuottaa mallipohjaista aineistoa. Tiedonsiirrossa käytettävät formaatit tulisivat olla avoimia formaatteja, kuten Inframodel tai IFC, jotta tietoa voidaan hyödyntää tehokkaasti. Koko rakentamisprosessin aikana on tärkeä huolehtia siitä, että kerran mallinnettu tieto on luotu siten, että tieto on helposti käytettävissä prosessin seuraavissa vaiheissa. Näin jo kerran mallinnettua tietoa ei tarvitsisi mallintaa uudelleen. Nykytilanteessa tietomalleja on hyödynnetty melko kattavasti suunnitteluvaiheesta rakentamisvaiheeseen, mutta niiden hyödyntäminen on ollut hyvin vähäistä kunnossapidossa. Kehitystyötä tällä sektorilla on odotettavissa tulevaisuudessa. Jotta tietomalleja voidaan hyödyntää kattavasti kunnossapidossa, tulee rakentamisvaiheessa olla selvää mitä hankkeen toteutumamallilta vaaditaan.

Digitalisaation ja teknologian kehittyminen aiheuttaa omat vaatimuksensa infrarakentamiselle ja edelleen tietomallintamiselle. Esimerkiksi autonomisia autoja on kehitetty jo vuosia ja nyt ollaan jo testausvaiheessa. Tekniikkaa on testattu niin USA:n moottoriteillä kuin Suomen talvessakin. Automaatio tulee lisääntymään myös työkoneissa. Jo nyt esimerkiksi kaivoksissa on käytössä ilman kuljettajaa toimivia ajoneuvoja. Automaattiajaminen vaatii tieympäristöltä todennäköisesti ainakin hyvää kuntoa, anturitekniikkaa sekä nopeita ja toimivia tietoliikenneyhteyksiä. Automaattiajamisen toteutuksesta ei ole kuitenkaan vielä varmuutta, mutta on tärkeää, että kaikki osapuolet ovat mukana automaation kehityksessä. Automaatio ja älyliikenne vaativat joka tapauksessa nopeita ja toimintavarmoja tietoliikenneyhteyksiä, joista on hyötyä myös tietomallintamiselle työmaaolosuhteissa.

Diplomityön tavoitteena on tunnistaa tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet. Työssä arvioidaan millaisia menetelmiä jatkossa alalla tullaan käyttämään ja kuinka tulevaisuuden vaatimuksiin on tarkoituksenmukaista varautua urakoitsijan näkökulmasta. Tutkimuksessa keskitytään tietomallintamiseen infrarakentamisessa. Tavoitteena on selvittää tietomallintamisen tarpeet ja kustannusrakenne niin koko yrityksen kuin yksittäisten hankkeiden tasolla. Osatavoitteena työssä on hahmotella tietomallintamisen investointisuunnitelman suuntaviivat alan tulevaisuuden arvioiden pohjalta. Tutkimuksen kohdeyritys on GRK Infra Oy.

Tutkimuksessa huomioidaan työmaiden todellinen tarve ja mahdollisuudet tietomallien käyttöön. Eri tyyppisissä hankkeissa mallinnukselle saattaa olla hyvin erilaiset lähtökohdat. Tutkimuksessa tavoitteena on tunnistaa tietomallintamiseen liittyvät tarpeet kokonaisuuksina. Työstä on rajattu ulkopuolelle tarkat ohjelmistokohtaiset seikat, sillä ohjelmistot ovat jatkuvassa muutostilassa.

Diplomityön päätutkimuskysymys on:

”Miten urakoitsijan on tarkoituksenmukaista varautua tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiin?”

Päätutkimuskysymys on jaettu edelleen alatutkimuskysymyksiin:

”Mitkä ovat tietomallintamisen ja sen sovellusten tulevaisuuden näkymät?”

”Mitä tietomallintaminen vaatii tulevaisuudessa eri tyyppisissä hankkeissa?”

”Mikä on kustannusrakenne tietomallintamisessa?”

Työn tutkimusmenetelmä on toimintatutkimus ja työn tavoitteena on tutkia tietomallintamisen nykytilaa ja arvioida sen tulevaisuuden muutostarpeita. Tutkimusaineisto koostuu kirjallisuudesta ja asiantuntijahaastatteluista. Kirjallisuuskatsauksen avulla selvitetään

tietomallintamiseen liittyvää ohjeistusta ja standardeja sekä teknologian nykytilaa. Haastatteluiden pohjalta pyritään saamaan tietoa tietomallintamisen nykytilasta käytännössä sekä asiantuntija-arvioita tulevaisuuden näkymistä ja mahdollisista kehitystarpeista. Asiantuntijahaastattelut ovat tärkeässä roolissa alan nykytilan selvittämisessä, sillä alaa käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia ei ole tehty paljoa. Tietomallintamisen nopean kehittymisen takia tutkimustieto lisäksi vanhenee nopeasti, minkä vuoksi haastattelut ovat myös perusteltuja.

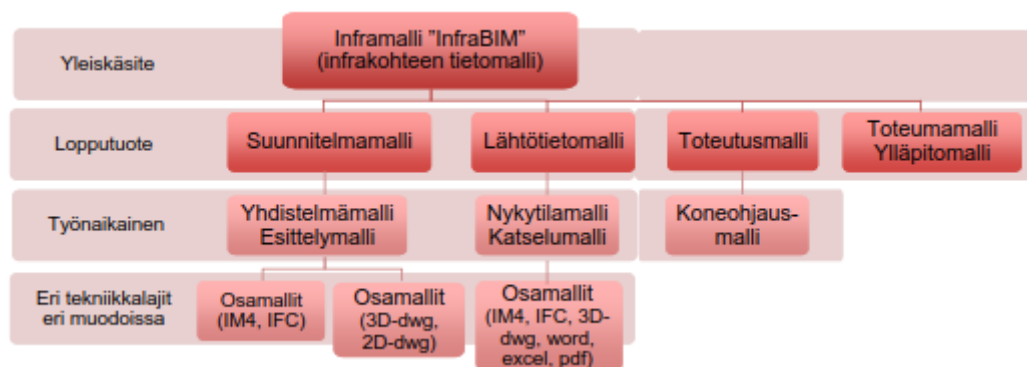
Haastattelumenetelmänä käytetään teemahaastattelua. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu menetelmä. Haastattelussa on oleellista, että se etenee tiettyjen keskeisten teemojen varassa, eikä se sisällä yksityiskohtaisia kysymyksiä. Tällöin haastateltavien henkilöiden omat näkemykset ja tulkinnat saadaan paremmin esiin. Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit, eli teema-alueet, ovat kaikille samat. Siitä puuttuu kysymysten tarkka muoto ja järjestys, mutta se ei ole kuitenkaan täysin vapaa. Kyseinen menetelmä on sopiva tässä tutkimuksessa, sillä haastateltavat ovat kaikki oman alansa asiantuntijoita, milloin samaan teemaan liittyen saadaan erilaisia näkökulmia. (Hirsjärvi & Hurme 2008)

Työn teoriaosassa käsitellään tietomallintamisen lisäksi infrarakentamisen tulevaisuutta ja tekniikan kehittymistä, sillä nämä vaikuttavat myös tietomallintamisen tulevaisuuteen. Myöhemmissä luvuissa käsitellään tietomallintamisen nykytilaa ja arvioidaan tulevaisuuden tarpeita ja kustannuksia niin yritys- kuin hanketasolla sekä hahmotellaan investointisuunnitelmaa. Lopuksi analysoidaan työn tulokset ja esitetään johtopäätökset aiheesta.

2. TYÖN TAUSTA

2.1 Tietomallipohjainen toiminta

Infrarakentamisessa tietomallia voidaan kutsua inframalliksi tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää englanninkielistä lyhennettä InfraBIM (Infra Built Environment Information Model). InfraBIM vastaa muussa rakentamisessa käytettyä BIM (Building Information Modeling) -termiä. Se on digitaalisessa muodossa olevan infrakohteen kolmiulotteinen kuvaus ominaisuustietoineen. Inframalli voidaan jaotella alakäsitteisiin kuvan 1 mukaisesti. Mallipohjainen tiedonkäsittely mahdollistaa tiedon tulkitsemisen myös tietoteknisissä järjestelmissä ja sovelluksissa. Tällöin tietoa voidaan hyödyntää muun muassa määrälaskentaohjelmistoissa, työmaiden koneohjaus- ja mittalaitteissa sekä omaisuudenhallinnan rekistereissä. Tietomallinnus on tiedonhallintaa ja olemassa olevan tiedon hyödyntämistä tehokkaasti, jotta vältetään hukkatyöltä. Mallinnuksen tavoitteena onkin, että kerän mallinnettua tietoa ei tarvitsisi mallintaa enää uudelleen. Tiedonsiirto tulisi olla sujuvaa ja toimia hankkeen eri vaiheiden aikana siten, että tieto siirtyy oikeassa muodossa ilman tietojen häviämistä. (Liikennevirasto 2017, s. 9)



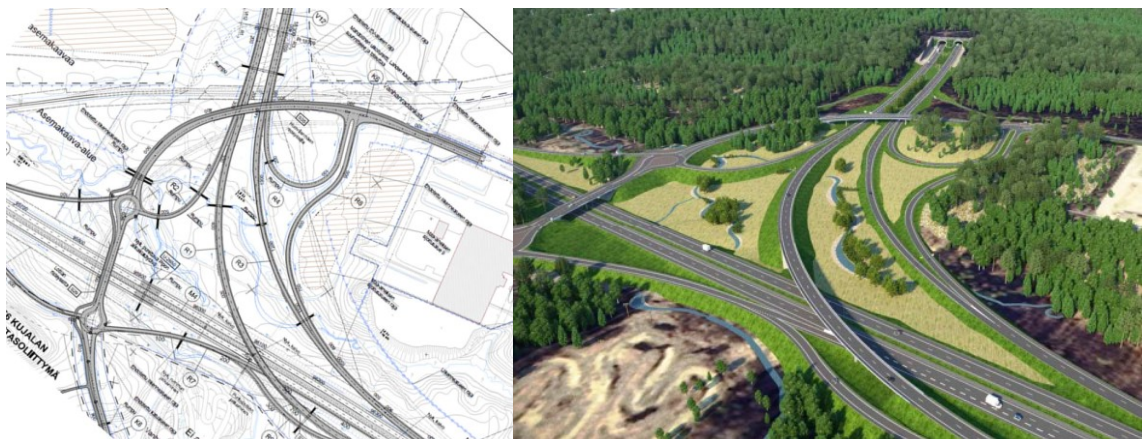
Kuva 1. Inframalliin liittyvät peruskäsitteet ja tiedonsiirtoformaattit. (Kylmälä 2015, s. 22)

Inframallintamisen tavoitteena on tukea suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja kestäväen kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari prosessia. Pyrkimys on, että inframalleja hyödynnettäisiin koko infrakohteen elinkaaren ajan, suunnittelusta rakentamisen jälkeiseen kunnossapitovaiheeseen ja purkamiseen saakka. Mallipohjainen toiminta voi kuitenkin alkaa mistä hankevaiheesta tahansa, mutta ideaalitilanteessa toiminta alkaa mahdollisimman aikaisessa suunnitteluvaiheessa. Periaatteena on, että lähtötietoaineisto päivitetään jokaisessa hankevaiheessa ajantasaiseksi. Tällöin tietomalli kulkeutuu hankkeen mukana koko hankkeen elinkaaren ajan. Haasteena tällä

hetkellä on, että avoimissa formaateissa olevien mallien jatkokäyttö on vielä osittain vaikeaa formaattien puutteellisuuden ja ohjelmistojen rajoitteiden vuoksi. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 14–15)

Suunnittelussa pyritään mallipohjaiseen toimintaan, joka tarkoittaa, että suunnittelu tapahtuu alusta saakka järjestelmässä, joka tuottaa mallipohjaista aineistoa. Tällöin suunnittelun edetessä rakentuu myös koko hankkeen tietomalli. Tietomallia ja sen sisältämää tietoa on mahdollista tarkastella eri näkymissä kolmiulotteisena, karttanäkymänä tai leikkauspiirustuksina. Suunnittelun tilannetieto julkaistaan usein yhdistelmämallina, johon on koottu lähtötietomallin ja eri tekniikkalajien malliaineisto yhteen. Aineisto tuotetaan avoimessa formaatissa, joita ovat esimerkiksi Inframodel ja IFC. Avoimia tiedonsiirtoformaatteja käyttämällä varmistetaan, että aineiston ja sen informaation siirtäminen toiseen ohjelmaan on mahdollista. Hyvä periaate suunnittelussa on, että tarvittavat piirustukset tulostetaan mallista. (Liikennevirasto 2017, s. 9–10)

Inframallin avulla on mahdollista korvata tulevaisuudessa nykyisin käytettäviä suunnittelumadokumentteja. Tällöin mallin tulee sisältää ominaisuustietoja, kuten materiaalit tuotevaatimuksineen sekä pinta-ala- ja tilavuustiedot. Tietomallien hyödyntäminen perinteisten piirustusten sijasta ei kuitenkaan poissulje mitään, vaan molemmat vaihtoehdot voivat olla käytössä. Eri osapuolten välisen vuorovaikutuksen ja visualisoinnin parantamiseksi osamalleista on mahdollista koota esittelymalli, joka kuvaa suunnittelukohteen mahdollisimman todennäköisenä. Esittelymalleja onkin ollut käytössä muun muassa asukkaiden, sidosryhmien ja päättäjien välisessä vuoropuhelussa. Kuvassa 2 on verrattu esittelymallin havainnollisuutta perinteiseen piirustukseen. (Liikennevirasto 2017, s. 10)



Kuva 2. Esittelymallin havainnollisuus verrattuna perinteiseen piirustukseen. (Liikennevirasto 2017, s.11)

Monet tilaajat edellyttävät nykyisin inframallintamista. Esimerkiksi Väylä edistää monin tavoin tietomallintamisen käyttöönottoa. Väylässä mallintaminen sisältyy viraston tulostavoitteisiin ja tavoitteena on ottaa mallintaminen yhä kattavammin käyttöön infrahankkeiden eri vaiheissa. Tulevaisuuden tavoitteena on, että pääosa hankkeista toteutetaan tietomallipohjaisesti. Väylävirasto on todennut, että mallintamisen hyödyt ovat kiistatottomat laadun sekä tuottavuuden parantamisessa. Pyrkimys on kehittää inframallien hyödyntämistä myös kunnossapitovaiheessa, jossa tietomallien avulla infran kunnossapito voisi tehostua huomattavasti. Tietomallintamisen käyttöönotto ei ole kuitenkaan vain teknologinen uudistus, vaan samalla myös toimintakulttuuri muuttuu. (Salmi 2015a, s. 5)

2.2 Ohjeet ja vaatimukset

Mallinnusprosessin toimivuuden varmistamiseksi on Suomessa kehitetty tietomallintamiseen erilaisia ohjeita ja vaatimuksia. Alan kehitystyössä ovat olleet mukana tietomallintamisen yhteistyöfoorumi buildingSMART Finland infra-toimiala (bSF) sekä valtion väyläverkosta vastaava Väylä yhdessä monien muiden toimijoiden kanssa. BuildingSMART Finland infra -toimialaryhmässä on mukana noin 50 alan organisaatiota ja noin 100 henkilöä. Mallinnustyössä noudatetaan Väylän tie- ja ratahankkeiden inframalliohjetta sekä siltojen tietomalliohjetta. Näiden lisäksi noudatetaan alan yleisiä ohjeita Inframodel 4 -formaattia ja InfraBIM -nimikkeistöä koskien sekä ohjesarjaa Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. (Salmi 2015b, s. 13; Väylä 2019a)

Inframallintamisen ohjekokonaisuus koostuu siis kolmesta toisiaan täydentävästä osasta, oheisen kuvan mukaisesti. Mallinnusvaatimukset (YIV) kertovat, mitä ja miten mallinnetaan. Mallinnus perustuu nimikkeistöön (InfraBIM), eli yhteiseen kieleen. Kolmas osa on formaatti, eli mallinnuksessa hyödynnetään ensisijaisesti avoimia ja standardimukaisia tiedonsiirtoformaatteja ja rajapintoja, joita ovat Inframodel ja IFC. (Liikennevirasto 2017, s. 13)



Kuva 3. Inframallintamisen ohjekokonaisuus. (Liukas 2018)

2.2.1 Väylän ohjeistus

Väylän hankkeissa noudatetaan mallipohjaisen toiminnan osalta tie- ja ratahankkeiden inframalliohjetta sekä siltojen tietomalliohjetta. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeella pyritään luomaan selkeät käytännöt mallinnushankkeiden läpivientiin, mallipohjaisen aineiston tarkastuskäytäntöihin ja luovutettaviin sähköisiin aineistoihin. Ohje ei käsittele tarkemmin yksittäisten tekniikkalajien mallinnusta, sillä tätä ohjetta täydentää muu edellä esitetty ohjekokonaisuus. Inframalliohjeessa esitetään toiminnan minimitaso ja työkaluja hankkeen ohjaukseen. Lisäksi ohje sisältää käytäntöjä ja toimintatapoja, jotka ovat nykyisin käytössä. Vaikka ohje on tarkoitettu Väylän tie- ja ratahankkeisiin, sitä on mahdollista soveltaa muihinkin hankkeisiin. Ohjeen tavoitteena on tukea mallipohjaiseen toimintaan.

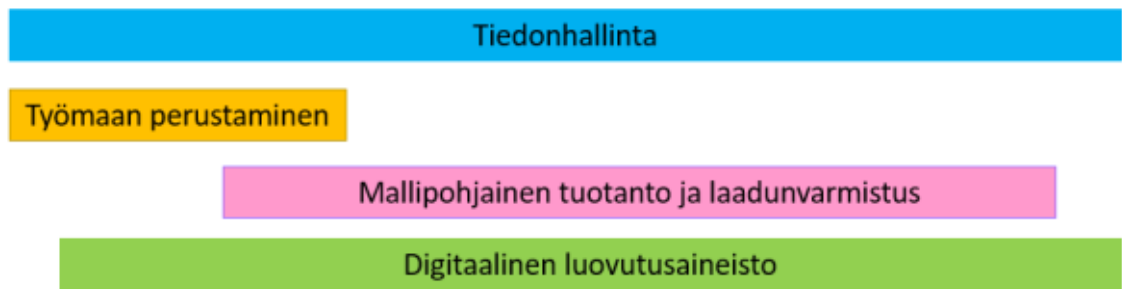
taan siirtymistä. Ohje käsittelee mallipohjaisia hankkeita yleisesti, mallintamista eri hankkeivaiheissa sekä luovutettavaa aineistoa ja mallipohjaista tarkastusta. (Liikennevirasto 2017, s. 3, 12)

Siltojen tietomalliohje sisältää ohjeistuksen toimintatavoista siltojen tietomallipohjaisessa suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpitovaiheessa. Ohje on tarkoitettu käytettäväksi kaikissa urakkamuodoissa ja se kattaa suunnitteluvaiheet ja määrittelee niiden sisältöä. Ohje soveltuu myös muiden taitorakenteiden mallintamiseen. Se sisältää myös lomakepohjat, joiden avulla on helpompi hahmottaa mallinnusvaatimukset ja sopia mahdollisista hankekohtaisista tarkennuksista. Siltojen tietomalliohjeen tarkoitus on siis määrittää taitorakenteita käsittelevien tietomallien sisältö, rakenne ja tiedon jäsentely. Ohjetta tulee noudattaa yhdessä muiden mallinnusohjeiden sekä yleisesti rakentamisen toimintaa käsittelevien ohjeiden kanssa. (Liikennevirasto 2014, s. 3, 10)

2.2.2 Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) toimivat inframallintamisen yleisinä ohjeina ja vaatimuksina. YIV kattaa koko hankkeen elinkaaren lähtöaineistosta rakennetun todentamiseen ja tulevaisuudessa myös käytön ja kunnossapidon. Mallinnusvaatimusten tavoitteena on ohjata, yhdenmukaistaa ja kehittää koko infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Ohjeet perustuvat nykyhetken parhaisiin käytäntöihin ja ohjeita päivitetään jatkuvasti kehityksen mukana. Viimeisin päivitys ohjeisiin on valmistunut vuonna 2019. YIV sisältää sekä vaatimuksia että ohjeita. Vaatimukset ovat mallinnuksen ja mallien sisällön vähimmäisvaatimuksia, joiden noudattaminen on todettu tarpeelliseksi kaikissa infrahankkeissa. Ohjeet ovat ohjaavia käytäntöjä, joita suositellaan käytettäväksi, mutta ne eivät ole ehdottomia. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 6–7)

YIV 2019 koostuu yleisestä osasta sekä lähtötieto-, suunnittelu- ja rakentamisaineistoa koskevasta ohjeistuksesta. Tulevaisuudessa myös kunnossapito on tarkoitus päivittää ohjeeseen. Rakentamisen osalta ohjekokonaisuus kattaa tiedonhallinnan, mallien tarkastuksen, työmaan perustamisen, toteutuksen eri vaiheet sekä työnaikaisen laadunvarmistuksen ja digitaalisen luovutusaineiston tietosisällön. Vaatimukset ovat kuitenkin luonteeltaan yleisiä, joten niitä voidaan tarkentaa hankekohtaisesti. Hankkeessa, jossa hyödynnetään tietomallinnusta, on osapuolten tutustuttava oman osuutensa lisäksi ainakin yleiseen osaan. Mallipohjaisen rakentamishankkeen pääsisältö on esitetty oheisessa kuvassa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 8, 110)



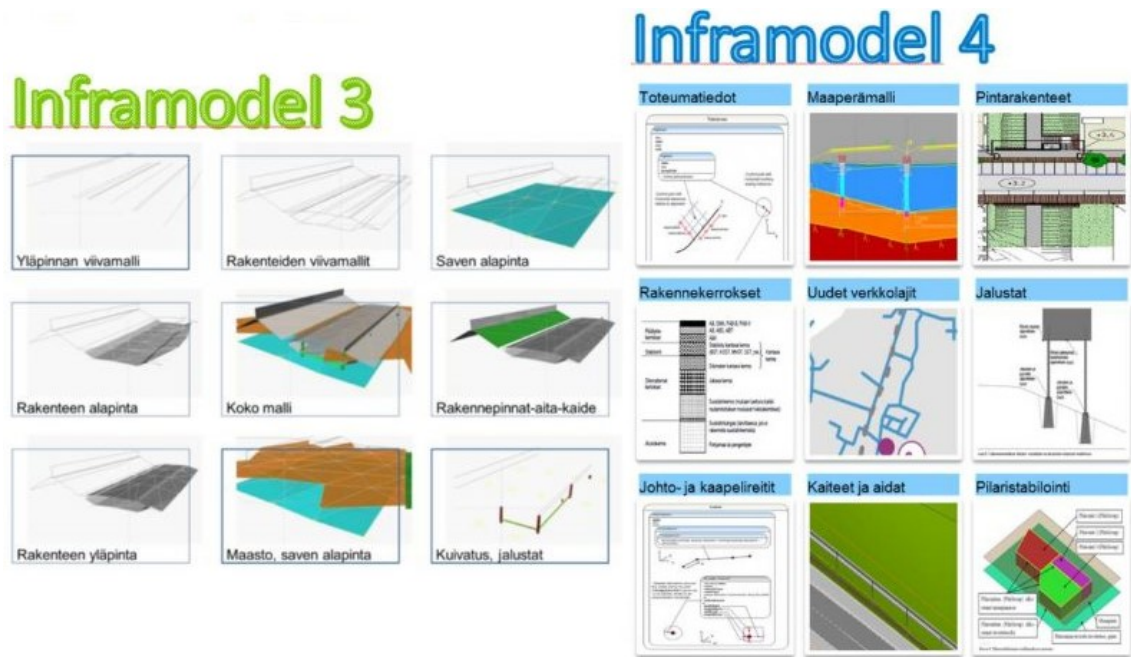
Kuva 4. Päätehtävät mallipohjaisessa rakennushankkeessa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 110)

2.2.3 Tiedonsiirtoformaatit ja nimikkeistöt

Tietomallintamisessa käytetyt tiedonsiirtoformaatit tukevat geometrian lisäksi laajan ominaisuustiedon siirtämistä. Taitorakenteissa käytetään ensisijaisesti IFC, eli Industry Foundation Classes -formaattia ja muussa infrassa Inframodel-formaattia. Lisäksi pohjatutkimusten siirtoon käytetään Suomen Geoteknillisen yhdistyksen Infra-pohjatutkimusformaattia. Nämä eivät kuitenkaan kata mallintamisen tarpeita täysin, vaan lisäksi tarvitaan myös muita formaatteja. Tällaisia ovat esimerkiksi DXF (Drawing Interchange Format), GT (maanmittauksessa käytettävä formaatti) ja DWG (AutoCAD-ohjelmiston tiedostomuoto). Haasteena yleisissä formateissa on, että esimerkiksi rakennusosiin liitetyt ominaisuustiedot eivät välttämättä siirry ohjelmistosta toiseen. Tulevaisuuden tavoitteena on saada IFC- ja Inframodel-formaatit kattamaan mallinnuksen tarpeet paremmin. (Liikennevirasto 2017, s. 13; BuildingSMART Finland 2019b, s. 5)

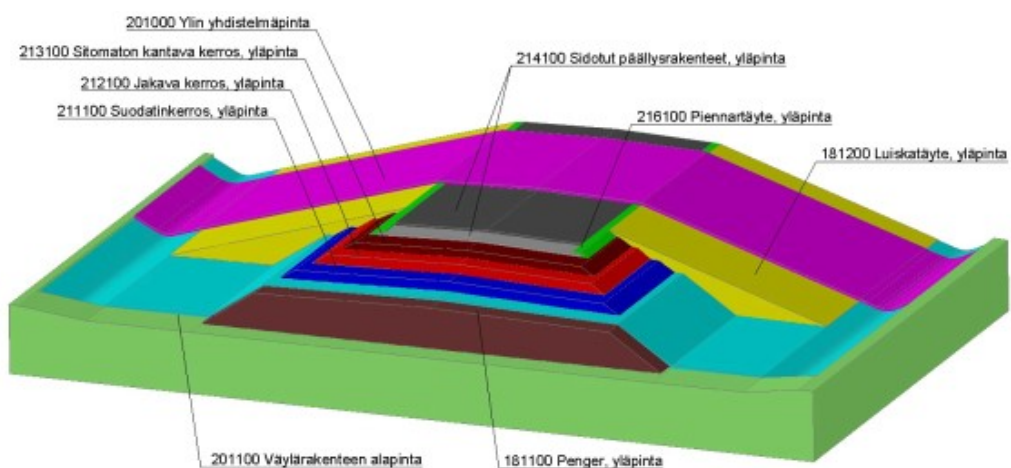
Inframodel (IM) on suomalaisten kehittämä avoin tiedonsiirtoformaatti infratietojen siirtoon, joka perustuu kansainväliseen LandXML-standardiin. Väylä ja suuret kaupungit edellyttävät 1.2.2018 alkaen uusimman Inframodel4-standardin käyttöä kaikissa uusissa hankkeissa. Vaatimus koskee lähtökohtaisesti tilaajalle luovutettavaa aineistoa, jolloin varmistetaan, että tieto on ohjelmistoista riippumattomassa muodossa jatkokäytön tehostamiseksi. Silloissa ja muissa taitorakenteissa käytetään IFC-formaattia kuten aiemminkin. (BuildingSMART Finland 2017)

Inframodel 4 -formaattia voidaan käyttää esimerkiksi maastomittaus-, toteuma- ja tarke-tiedon siirtoon, suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon, mallien arkistointiin ja toteutusmallien tuottamiseen koneohjausta varten. Inframodel-formaatti voi sisältää geometriatiedon lisäksi tietoa esimerkiksi vesihuoltoverkoston varusteista, pohjanvahvistuksesta sekä rakenneosien materiaaliominaisuuksista. Oheisessa kuvassa on esitetty joitakin Inframodel-formaatin ominaisuuksia. (BuildingSMART Finland 2019b, s. 2–5)



Kuva 5. IM4-formaattiin kehitettyjä uusia toiminnallisuuksia. (BuildingSMART Finland 2017)

InfraBIM-nimikkeistö toimii mallintamisen kielenä. Nimikkeistö sisältää infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Nimikkeistön perustana on Infra-rakennusosanimikkeistö, jota InfraBIM-nimikkeistö laajentaa. Tavoitteena on yhtenäiset nimeämiskäytännöt, jolloin nimikkeistö palvelee infrahanketta koko elinkaaren ajan lähtötietojen hankinnasta kunnossapitoon. Ohje sisältää rakennepintojen mallikuvat, taiteviivat ja geometrialinjat, maastomallin ja maaperämallin koodit, vesihuollon järjestelmät sekä rakennepintataulukon. Ohjetta päivitetään säännöllisesti. (BuildingSMART Finland 2019c)



Kuva 6. Esimerkkikuva tierakenteen numerointi- ja nimeämiskäytännöistä. (BuildingSMART Finland 2019c, s. 9)

3. DIGITALISAATIO INFRARAKENTAMISESSA

Digitalisaatio vaikuttaa jokaiseen toimialaan ja ympäristöömme lähes kaikkialla. Digitalisaation hyödyt ovat yleisesti tiedossa, mutta sitä ei vielä ole päästy hyödyntämään täydessä mittakaavassa rakennusalailla. Suunnittelussa ja rakentamisessa pyritään lähtökohtaisesti parantamaan kustannustehokkuutta ja tuottavuutta. Keskeisessä osassa kehitystä on tietomallintaminen, joka mahdollistaa digitaalisten työkalujen hyödyntämisen koko hankkeen elinkaaren ajan. (Junnonen 2018)

Infra-alalla tuottavuutta on mahdollista parantaa digitalisaation keinoin ja edistämällä avoimiin tiedonsiirtoformaatteihin perustuvaa tietojärjestelmien käyttöä. Tietomallin kolmiulotteisuus helpottaa kohteen hahmottamista perinteisiin paperikuviin verrattuna. Infiramalli on kuitenkin enemmän kuin kolmiulotteinen piirustus. Tietomallille voidaan tehdä esimerkiksi törmäystarkasteluja, jonka perusteella saadaan varmistettua eri suunnitelmamallien yhteensopivuus ja vältetään rakenteiden väliset törmäykset. Maarakennustyömailla työkoneissa hyödynnetään laajalti koneohjausta, minkä avulla tuottavuutta on saatu tehostettua. Lisäksi työnjohdolla voi olla käytössään mobiililaitteita, joiden avulla on mahdollista seurata työn etenemistä ja tarkastella ajantasaisia suunnitelmia maasto-olosuhteissa. Muita tietomallinnuksen mahdollistamia etuja ovat aikatauluhallinnan, kommunikaation ja työsuunnittelun tehostuminen. Alalla tietomallinnusta on pystytty hyödyntämään niin suunnittelussa kuin rakentamisessakin, mutta yhä enemmän myös koko elinkaaren aikaisessa toiminnassa. Haasteena voi kuitenkin vielä olla suljetut tiedonsiirtoformaatit sekä eri valmistajien tuotteiden yhteensopivuusongelmat, jolloin tiedonsiirto ei toimi suunnitellusti. (Konepörssi 2014; Bradley et al. 2016)

3.1 Koneohjaus

Urakoitsijan näkökulmasta yksi suurimmista tietomallinnuksen hyödyistä on koneohjauksen käyttö rakentamisessa. Automaation avulla pystytään parantamaan rakentamisen turvallisuutta ja saavuttamaan taloudellista etua. Turvallisuus paranee, kun esimerkiksi kaivutyössä koneenkuljettaja pärjää yhä useammin yksin ilman mittaus- ja rakennustyöntekijöiden apua. Taloudellista etua on mahdollista saavuttaa mm. työn tehostumisen, laadun parantumisen ja materiaalisäästöjen kautta. Esimerkiksi kaivutyössä hukan määrä saadaan minimoitua, kun kuljettaja näkee koko ajan tavoiteleikkaussyvyyden, eikä ylisyviä leikkauksia pääse syntymään. 3D-koneohjauksen käyttö mahdollistaa myös toteumatiedon tallentamisen työkoneella välittömästi työvaiheen valmistuttua. (Kilpeläinen et al. 2004, s. 16; Novatron 2019a)

Taloudellisesti ja teknisesti järkevän automaatiotason käyttöön vaikuttaa koneen käyttö-tarkoitus. Vain tiettyyn tarkoitukseen soveltuvassa erikoistykoneessa, kuten tiehöylässä on tällä hetkellä mahdollista hyödyntää täysin automatisoitua järjestelmää, joka ohjaa automaattisesti terää reaaliaikaisen paikannuksen ja koneohjausmallin perusteella. Yleiskäyttöisessä koneessa, kuten kaivinkoneessa automaatioaste on usein vielä kuljet-tajaa opastavalla tasolla, eli ohjaus tapahtuu manuaalisesti koneohjausjärjestelmän opastamana. Automaatiotason lisäämisen haasteena alalla on työympäristön huomioi-minen tehokkaasti ja turvallisesti. Huomioitavia tekijöitä ovat esimerkiksi työalueella liik-kuvat muut koneet ja henkilöt sekä kaivettavan materiaalin ominaisuudet. Yleinen tilanne rakennusalalla on myös ollut, että automaation hyödyntäminen on ollut pienemmässä roolissa kuin muilla tekniikan aloilla. Automaation käyttöönottoa on kuitenkin tutkittu ra-kennusalalla, mutta vain harva kokeilu on tullut yleiseen käyttöön. Teknologian kehitty-essä automaation käyttöönotto on yhä kannattavampaa, joten todennäköisesti automaa-tio tulee lisääntymään myös koneohjauksen osalta infrarakentamisessa. (Kilpeläinen et al. 2004, s. 16–17; Makkonen et al. 2006; Heikkilä et al. 2019)

3.1.1 Teknologia

Koneohjausjärjestelmät jaetaan kahteen pääluokkaan, 2D- ja 3D-järjestelmiin. 2D-järjes-telmässä työväline (kauha, terä) paikannetaan työkoneen paikalliskoordinaatiossa X- ja Z-suunnassa, jolloin saadaan lähinnä korkotietoa. 2D-järjestelmät sopivat yksinkertais-ten kaivantojen kuten ojien ja korkotasoltaan täysin horisontaalisten pintojen kuten talon pohjatöiden tekoon. 2D-järjestelmä on mahdollista varustaa laservastaanottimella, jonka avulla järjestelmä saa korkotiedon tasolaserilta. 3D-koneohjausjärjestelmä sen sijaan osaa paikantaa työvälineen täydellisesti XYZ-koordinaatistossa. Mikäli työkone on va-rustettu satelliittivastaanottimilla, saadaan koneen koordinaatisto sidottua myös työmaan koordinaatistoon. Mikäli satelliittipaikannus on mahdotonta esimerkiksi tunnelissa tai ha-lutaan parempi tarkkuus kuin satelliittipaikannuksella, on koneohjaus mahdollista toteut-taa takymetriohtauksen avulla. (Kauppinen 2010; Novatron 2019a; Topgeo 2019)

Koneohjausmallit saadaan vietyä työkoneisiin joko langattomasti verkkoyhteyden kautta tai USB-muistitikun avulla. Esimerkiksi suomalaisen valmistajan, Novatronin koneoh-jausjärjestelmä tukee yleisimpiä tiedonsiirtoformaatteja, kuten Inframodel, DXF ja GT. Näin tietomalliaineistoa voidaan hyödyntää ilman ylimääräisiä formaattimuunnoksia tai muita yhteensopivuusongelmia. Kuljettajan on mahdollista myös luoda itse yksinkertaisia malleja. Työkoneen kuljettaja näkee ohjaamoon asennettavalta näytöltä 3D-järjestel-mässä koneen sijainnin suhteessa tietomalliin. Järjestelmä näyttää senttimetrin tarkkuu-

della kauhan sijainnin suhteessa leikkauspintaan, kun järjestelmä on asennettu kaivinkoneeseen. Seuraavassa kuvassa on esitetty työkonen ohjaamoon asennettava näyttöpääte. (Novatron 2019b)



Kuva 7. Työkonen ohjaamoon asennettava 3D-koneohjausjärjestelmän näyttö.
Kuvassa Novatron Xsite ® PRO 3D. (Novatron 2019b)

Koneohjausjärjestelmä vaatii toimiakseen työkonen hyttiin asennettavan näytön, tietokoneyksikön, GNSS-antennit ja -vastaanottimen sekä antureita. Lisävarusteena järjestelmään voidaan liittää esimerkiksi LED-lisänäyttö ja laservastaanotin tasolaserin korkotietoa varten. Koska satelliittiantennit asennetaan usein kaivinkoneen perän päälle kolhuilta suojaan, antennit eivät paikanna suoraan koneen kauhaa. Tämän vuoksi työkonen eri osiin, kuten puomistoon ja kauhanpyörittäjään on asennettava erilaisia antureita. Anturit ovat yleensä kallistus- ja liikeantureita, jotka on liitetty järjestelmään työkonen CAN-tiedonsiirtoväylän kautta. Koneohjausjärjestelmän komponentit kaivinkoneeseen sijoitettuna on esitetty oheisessa kuvassa. (Kauppinen 2010, s. 9–10; Novatron 2019c)



1.Näyttö 2.LED-lisänäyttö 3.GNSS-antenni 4.GNSS-vastaanotin 5.Tietokoneyksikkö 6.Anturi 7.Laservastaanotin

Kuva 8. Koneohjausjärjestelmän komponentit kaivinkoneessa. (Novatron 2019c, s. 5)

3D-koneohjausta voidaan hyödyntää myös tiivistyskalustossa. Järjestelmä hyödyntää usein jo jyrän itse keräämää tiivistysarvoa ja koneohjausjärjestelmän keräämää paikkatietoa. Menetelmän avulla jyrän ylityskerrat saadaan optimoitua, jolloin tuottavuus paranee. (Konepörssi 2017) Järjestelmä antaa koneenkuljettajalle jatkuvasti tietoa rakenteen jäykkyydestä ja yliajokerroista, joka mahdollistaa homogeenisen ja kattavan tiivistämisen. Poikkeamat ja mahdolliset ongelmakohdat on tiivistystuloksista helppo havaita työn tuloksena muodostuvasta karttaesityksestä. Tiivistystyön jälkeen heikoimpien kohtien kantavuus voidaan mitata levykuormituskokeella, jolloin saadaan luotettava laadunvarmistusaineisto rakenteen tiiveydestä ja kantavuudesta. Mallipohjaisen tiivistämisen avulla rakenteen tiiveydestä saadaan huomattavasti kattavampi tieto pienemmällä määrällä levykuormituskokeita kuin perinteisellä tiivistyskalustolla. (Jaakkola 2018)

Teknologiakehityksessä on nähtävissä automaation lisääntyminen. Kehitystä tapahtuu sekä etäohjauksen että kokonaan ilman kuljettajaa toimivien koneiden saralla. Esimerkiksi kuormainvalmistaja Hiab valmistaa HiVision-ohjausjärjestelmää, joka on jo markkinoilla. 3D-teknologiaan perustuva järjestelmä asennetaan puutavaranoosturiin. Järjestelmä mahdollistaa työskentelyn ajoneuvon ohjaamosta käsin, mikä on ergonomisempi ja työturvallisempi vaihtoehto kuin perinteinen ohjaus nosturin puomiin asennetusta ohjaamosta. Nosturiin on asennettu kameroita ja kuljettaja näkee työskentelyalueen 3D-laseilla. Etäohjauksen avulla on saavutettavissa säästöjä polttoaineen kulutuksessa ja

hyötykuormassa, kun erillistä ohjaamoa ei nosturin ohjaukseen enää tarvita. Vastaavaa teknologiaa voitaisiin hyödyntää myös maansiirtokoneissa. Japanissa on tutkittu paljon maarakennuskoneiden etäohjausta, sillä siellä olosuhteet ovat vaaralliset kuljettajille esimerkiksi maanvyöryalueilla. Etäohjauksen avulla kuljettajat voivat työskennellä turvallisessa työympäristössä kaukana työkoneesta. Japanissa on esimerkiksi kokeiltu oheisen kuvan mukaista humanoidirobottia etäohjauksen toteuttamisessa. (Heikkilä et al. 2019; Hiab 2019)



Kuva 9. Japanissa on tutkittu robotin käyttöä etäohjauksen toteuttamisessa. (Heikkilä et al. 2019, s. 3)

Kokonaan ilman kuljettajaa toimivat työkoneet ovat kehitysvaiheessa. Esimerkiksi kalliorakentamisessa on kuitenkin jo hyödynnetty porausrobotteja ja automaation hyötyjä on tutkittu laajalti muillakin aloilla. Oulun yliopistossa on testattu kokonaan ilman kuljettajaa toimivaa kaivinkonetta, mikä tähtää kaivinkoneen automatisointiin. Maailmalla vastaavia on kokeiltu aiemminkin, mutta ne eivät ole edenneet teollisuuden käyttöön. Markkinoilla on kuitenkin jo osittain ohjaavia automaatiojärjestelmiä kaivinkoneisiin. Novatronin semi-automaatiojärjestelmässä turhat ja vaaralliset liikkeet estetään ja automaatio avustaa vaativissa liikkeissä. Järjestelmä mahdollistaa puomiston ja kauhan toimintojen va-

kiöinnin esimerkiksi tasaustyössä, sillä kaivinkoneen kauha on mahdollista saada seuraamaan koneohjausmallin pintaa. (Airaksinen et al. 2018, s. 62; Mällinen 2018; Novatron 2019d)

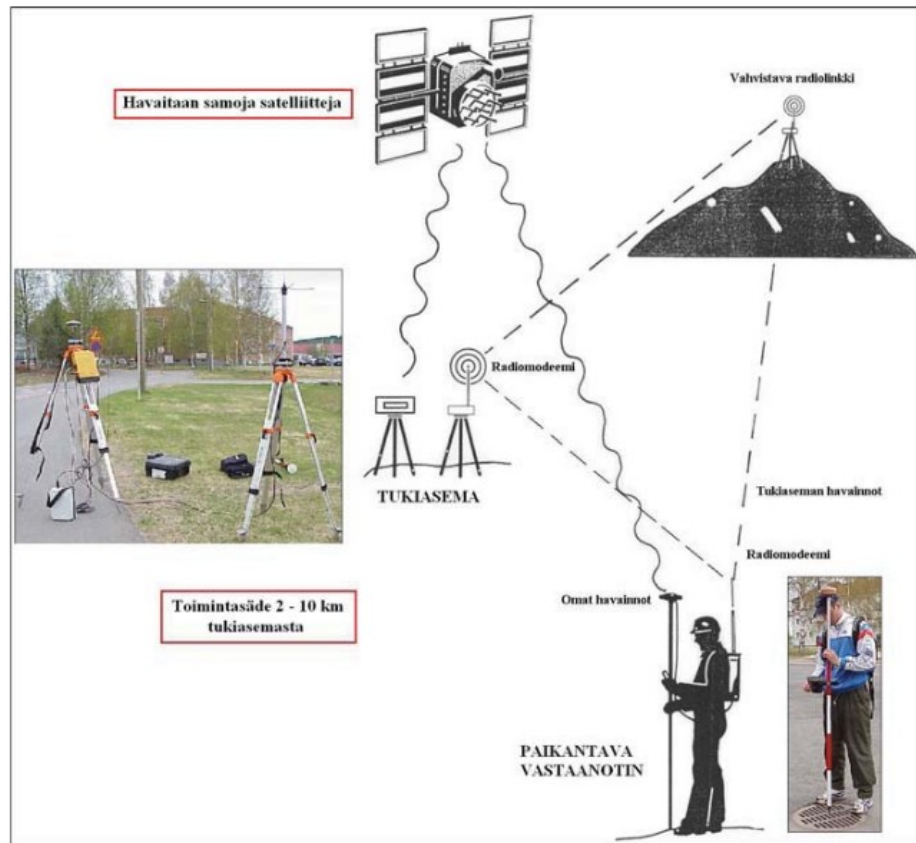
3.1.2 Paikannus

Koneohjauksessa paikannukseen käytetään yleensä satelliittipaikannusta. Satelliittipaikannus perustuu satelliittien lähettämien signaalien havainnointiin. Havaintojen perusteella mitataan etäisyydet vähintään 3-4 satelliittiin. Havaintojen, eli tässä tapauksessa työkonen sijainti lasketaan etäisyyksien tai etäisyyserojen perusteella, kun satelliittien sijainti tunnetaan havaintohetkellä. Usein satelliittipaikannus ymmärretään vain GPS-paikannuksena (Global Positioning System), joka on Yhdysvaltain puolustushallinnon kehittämä ja ylläpitämä järjestelmä. Nykyisin paikannus ei ole kuitenkaan vain GPS-järjestelmän varassa, sillä esimerkiksi 1990-luvulla on kehitetty venäläinen Glonass-järjestelmä ja lisäksi monet muut maat ovat kehittäneet omia järjestelmiään. Eri maiden ylläpitämien paikannusjärjestelmien kokonaisuutta kutsutaan GNSS-järjestelmäksi (Global Navigation Satellite System). Sen tavoitteena on varmistaa käyttäjille eri järjestelmien sujuva yhteiskäyttö. (Laurila 2012, s. 280–291)

Satelliittipaikannuksessa voidaan käyttää kolmea eri mittaustapaa; absoluuttista paikannusta eli navigointia, differentiaalista paikannusta (DGPS) tai vaihehavaintoihin perustuva mittausta. Absoluuttinen paikannus on laajimmin käytetty mittaustapa, mikä on käytössä esimerkiksi puhelinten paikannuksessa ja autojen navigaattoreissa. Paikannustarkkuus on tällä menetelmällä alle 10 metriä ja laitteet ovat edullisia. DGPS-paikannuksessa voidaan tietyt mittavirheet aiheuttavat tekijät korjata tunnetussa pisteessä sijaitsevan tukiaseman avulla. Menetelmää käytetään esimerkiksi paikkatietojen keräyksessä ja ammattimaisessa merenkulussa. Paikannustarkkuus on joitakin metrejä. Tarkin mittaustapa on vaihehavaintoihin perustuva suhteellinen mittausta, joka on käytössä myös koneohjausjärjestelmissä. Menetelmä perustuu paikan määrittämiseen vertailuvastaanottimen suhteen, joka sijaitsee tunnetussa pisteessä. Etäisyys toiseen vastaanottoimeen mitataan kantoaallon aallonpituuden avulla. Paikannustarkkuus vertailuvastaanottimen suhteen on alle 0,05 metriä. Laitteiden hinta nousee yleensä paikannustarkkuuden kasvaessa. (Laurila 2012, s. 293–295)

Työkonen 3D-koneohjaus perustuu usein RTK-GNSS -satelliittipaikannukseen. Globaali satelliittipaikannusjärjestelmä yhdessä tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottaman korjaussignaalin avulla mahdollistaa senttimetriluokan tarkkuuden. RTK-GNSS-paikannuksen käytössä tulee siis huomioida, että se ei ole absoluuttisen tarkka. Reaaliaikainen kinemaattinen mittausta eli RTK-mittausta perustuu tunnetussa pisteessä olevaan

tukiasemaan ja paikantavaan vastaanottimeen, jotka havainnoivat samoja satelliitteja. Tukiaseman ja paikantavan vastaanottimen välillä tulee olla tiedonsiirtoyhteys. Käytännön kokemusten perusteella RTK-mittausta voidaan hyödyntää enintään 10 kilometrin etäisyydellä tukiasemasta, sillä etäisyyden kasvaessa ionosfäärin häiriöt häiritsevät mittausta. Toimintasädeettä saattavat lisäksi lyhentää näkemäesteet ja monitieheijastukset esimerkiksi kaupunki- tai metsäalueilla. RTK-mittauksen periaatekuva on esitetty oheisessa kuvassa. (Laurila 2012, s. 319–320; Heikkilä et al. 2016; Novatron 2019a)



Kuva 10. RTK-mittauksen periaatekuva. (Laurila 2012, s. 320)

Toinen vaihtoehto paikannuksessa on käyttää yhden tukiaseman sijasta tukiasemien verkostoa, jolloin puhutaan verkko-RTK-mittauksesta. Verkoston avulla pystytään korjaamaan ilmakehään liittyviä virheitä, mikä taas mahdollistaa pidemmät etäisyydet tukiasemiin sekä parantaa ja nopeuttaa mittauksia. Yksi verkkokorjauspalvelu on VRS-järjestelmä (Virtual Reference Station), joka laskee jokaiselle mittaajalle oman virtuaalisen tukiaseman lähelle mittauspaikkaa. Järjestelmiä tarjoavat useat eri toimijat. (Laurila 2012, s. 320–322) Suomessa on saatavilla esimerkiksi Trimnet VRS -verkko, jota ylläpitää Geotrim Oy. Trimnetin tukiasemaverkko koostuu yli sadasta ympäri Suomea sijaitsevasta GNSS-tukiasemasta ja Vantaalla sijaitsevasta laskentakeskuksesta. Järjestelmä toimii koko Suomessa. (Geotrim 2019) Toinen palveluntarjoaja on Hexagon

Geosystems HxGN SmartNet, joka kattaa lähes koko Suomen. (Hexagon Geosystems 2019)

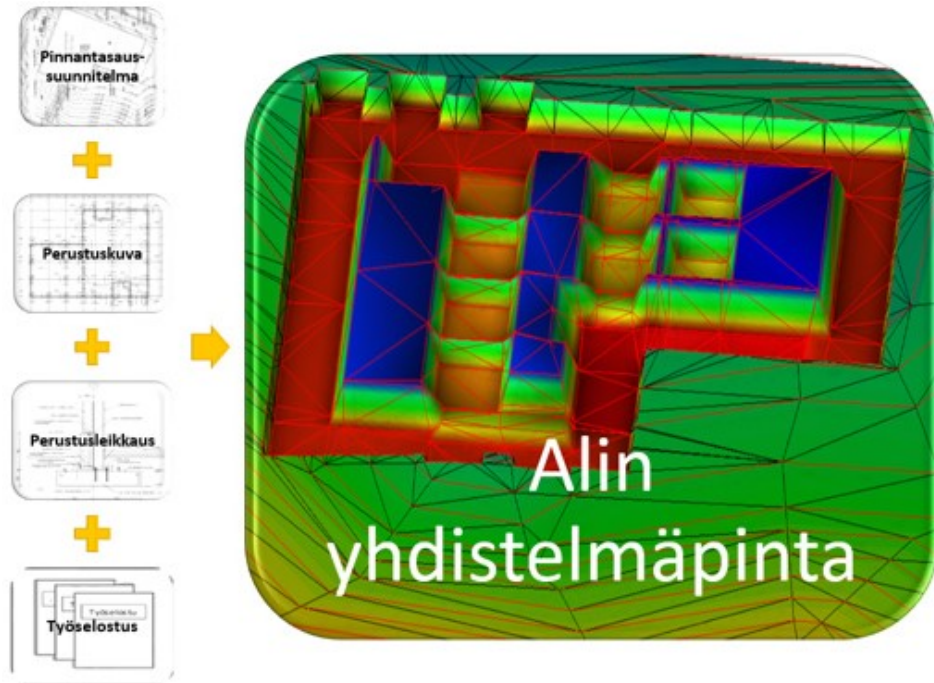
Korjaussignaalin hankintatapa on pohdittava tapauskohtaisesti. Mikäli yrityksellä on useita lähekkäisiä työmaita tai yksi iso työmaa, voi oman tukiaseman käyttö olla kustantehokkaampaa kuin verkkokorjauspalvelu. Tukiaseman käytössä on kuitenkin huomioitava, että tiiviisti rakennetulla tai metsäisellä alueella toiminnassa voi olla häiriöitä. Tukiaseman hankinta maksaa, mutta samaa tukiasemaa voivat käyttää kaikki kanta-alueen sisällä työskentelevät koneet. Lisäksi kiinteän tukiaseman tarkkuus on hieman parempi kuin verkkokorjauspalvelulla etäisyyksien pysyessä lyhyinä. Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan verkkokorjauspalveluiden toleranssi on $\pm 2\text{--}3\text{ cm}$, mutta yksittäinen tulos saattoi poiketa jopa 20 cm . Verkkokorjauspalvelu voi olla tukiasemaa parempi vaihtoehto, mikäli yrityksellä on useita pienempiä työmaita etäällä toisistaan. Verkkokorjauspalvelu on myös hankintakustannuksiltaan edullisempi, sillä käyttö perustuu kuukausi- tai vuosilisensseihin. Tulee kuitenkin huomata, että tällöin jokainen työkone vaatii oman lisenssinsä. (Heikkilä et al. 2016; Ketola 2018, s. 70–71)

3.1.3 Koneohjauksen käyttö

Jotta koneohjausta voidaan hyödyntää, tulee ensin luoda koneohjausaineisto järjestelmien käyttöön. Koneohjausaineisto tuotetaan usein suoraan hankkeen toteutusmallin pohjalta. Mikäli toteutusmallia ei ole käytettävissä, aineiston tekeminen on aloitettava infrahankkeissa usein maastomallin pohjalta, joka on tuotettu esimerkiksi laserskannamalla. Mallit huomioivat yleensä vain leikkauspinnan ja maanpinnan tasot, mutta alalla on tehty tutkimusta myös maaperän ominaisuuksien huomioimiseksi digiaineistoissa. Koneohjausjärjestelmien käytön suurimpana haasteena eivät ole artikkelin mukaan olleet niinkään tekniset haasteet laitteissa tai paikannuksessa, vaan suurempi haaste on koneohjausaineiston siirtämisessä ja tuottamisessa tehokkaasti suunnittelusta rakentamiseen. (Heikkilä & Jaakkola 2006)

Koneohjausjärjestelmissä käytettävät koneohjausaineistot laatii pääsääntöisesti hankkeen urakoitsija toteutusaineiston pohjalta. Optimitilanteessa koneohjausaineisto saadaan jalostettua suoraan suunnitelmamallien pohjalta, mutta monesti kuitenkin koneohjausaineistot on vielä laadittava erillisten suunnitelmakuvien pohjalta, mikä vaatii enemmän työtä. Aineisto laaditaan tällöin yhdistämällä suunnitelmien taso- ja poikkileikkauskuvien sisältöä työselostuksen vaatimukset huomioiden oheisen kuvan mukaisesti. Lopputilanteessa suunnitelmakohde on mallinnettu siten, että rakennettavalle kohteelle on annettu x-, y-, ja z-koordinaatit. Koneohjausaineisto voi sisältää pintamalleja, taustakart-

toja, geometrialinjoja, pistemäisiä ja linjamaisia kohteita sekä verkostoja. Aineiston toiminnan edellytyksenä on lisäksi, että se on oikeassa formaatissa, jotta se toimii koneohjausjärjestelmissä. (Liikennevirasto 2017; 3D-Koppi 2019; BuildingSMART Finland 2019a)



Kuva 11. Koneohjausaineiston laadintaprosessi perinteisten suunnitelmakuvien pohjalta. (3D-Koppi 2019)

3.2 Tiedonhallinta

Teknologiakehitys on ollut nopeaa viimeisten vuosikymmenten aikana. Mobiililaitteiden kapasiteetti on lähivuosina noussut tasolle, joka ennen vaati huoneen kokoisen tietokoneen. Teknologian kehitys on tärkeässä osassa myös tietomallintamisen sovellusten käyttöönotossa. Mallipohjainen toiminta vaatii suuria tietomääriä, tehokasta tiedonkäsittelyä ja nopeaa tiedonsiirtoa. Työnjohdon käyttöön on kehitetty useita ohjelmistoja, joiden avulla mallien tarkastelu on mahdollista. Monet ohjelmistot ovat pilvipalveluita, jotka toimivat sekä selain- että mobiiliversiona. Se mahdollistaa laiteriippumattomuuden ja tietomallien hyödyntämisen samalla ohjelmistolla niin työmaaolosuhteissa kuin toimistollakin. Tiedonhallinnan kehittyminen mahdollistaa infra-alan tuottavuuden paranemisen, kun aiempia ongelmia tiedonkulussa ja työsuunnittelussa saadaan vähennettyä tai jopa poistettua kokonaan. Joskus tietotekniikan käyttö on työmaaolosuhteissa hankalaa haastavien olosuhteiden vuoksi, minkä vuoksi on tärkeää, että sovellukset eivät ole laiteriippuvaisia. Tällöin sovellusta voidaan käyttää kulloiseenkin tilanteeseen sopivimmalla laitteella. (Tiitinen 2013, s.13; Kivimäki & Heikkilä 2015)

3.2.1 Tiedonhallinnan nykytila ja tulevaisuus

Tiedonhallinta voidaan määritellä monella tapaa. Se voidaan nähdä tietokantojen, tietämyksen, liiketoimintatiedon tai kokonaisuutena kaiken organisaatioon liittyvän tiedon hallintana. Tiedosta ja sen hallinnasta on tullut yhä tärkeämpi yritysten kilpailutekijä ja voimavara. Monen yrityksen arvo mitataan nykyään työntekijöiden tuottamana tietona ja osaamisena, ei niinkään kiinteän omaisuuden määränä. Tieto on nykyään kauppatavaraa ja sille voidaan usein määrittää rahallinen arvo. Näiden tekijöiden lisäksi tiedon avulla organisaation toimintaa voidaan tehostaa ja kehittää. Yritysten kilpailukyvyyn ja toiminnan tehokkuuden kannalta on oleellista ymmärtää tiedonhallinnan merkitys. Tärkeintä on tunnistaa suuresta tietomäärästä oleellisin tieto ja sen elinkaari. Tiedon siirtyessä tehokkaasti ja virheettömästi tietolähteestä tiedon tarvitsijalle organisaation suorituskyky tehostuu automaattisesti. (Kaario & Peltola 2008, s. 3–8)

Tiedolla on aina elinkaari. Jokaisella erityyppisellä tietosisällöllä on sille ominainen elinkaari, joka voi olla hyvinkin erilainen tietosisällöstä riippuen. Esimerkiksi rakennushankkeiden suunnitelmapiirustusten elinkaari poikkeaa selvästi yrityksen sisäisestä kokouspöytäkirjasta. Tiedonhallinnan ongelmapiisteet ovat usein paikannettavissa tiedon elinkaaren saumakohtiin, kuten taltiointiin. Tiedon elinkaaren hallinnan tulisi kuitenkin olla katkeamatonta eikä siinä saisi olla hallitsemattomia epäjatkuvuuskohtia. Tietomallien kanssa työskenneltäessä tällainen haaste on esimerkiksi formaattien yhteensopivuusongelmat. Tiedonhallinnassa tärkeää on, että tieto on ehyttä ja jäljitettävää koko sen elinkaaren ajan. Tiedon elinkaaresta voidaan tunnistaa neljä päävaihetta, jotka ovat:

1. Tiedon taltiointi
2. Tiedon ylläpito ja hallinta
3. Tiedon säilytys ja arkistointi
4. Tiedon esittäminen, jakelu ja julkaisu. (Kaario & Peltola 2008, s. 9–10)

Tiedonhallinnan kehittäminen parantaa toiminnan tehokkuutta, mutta monesti myös tiedonhallinnan laatua ja palvelevuutta. Tiedonhallinnan kehittäminen kannattaa usein nähdä koko toiminnan kehittämishankkeena eikä vain teknologiahankkeena. Suunnitelmallisuus ja laaja-alainen ymmärrys toiminnasta on tärkeää, mikäli tiedonhallintaa lähdetään kehittämään. Tiedonhallinnan projektit eivät yleensä kaadu huonoon tekniikkaan, vaan paljon useammin käyttäjien tai kehittäjien huonoon osaamiseen tai sitoutumisen puutteeseen. Muutos vanhasta ja tutusta uuteen ja vieraaseen voidaan nähdä pelottavana, joten hankalimmat muutostekijät olisi kyettävä tunnistamaan ja motivoida käyttäjiä uusien järjestelmien käyttöön. (Kaario & Peltola 2008, s. 127–135)

Tiedonhallinta on tällä hetkellä suurten muutosten kohteena. Muutospaineita aiheuttaa esimerkiksi toiminnan luonteen muuttuminen verkottuneemmaksi sekä digitalisoituminen. Toisaalta digitalisaatio tuo uusia mahdollisuuksia mutta myös kasvavia haasteita tiedonhallintaan ja sen kehittämiseen. Esimerkiksi rakennusalaalla toiminta on verkostoitunutta, joka tarkoittaa käytännössä prosessien yhtenäistymistä. Urakoitsijan on esimerkiksi toteutettava hankkeen toteumamalli tilaajan vaatimalla tavalla, ja aliurakoitsijoiden koneohjausjärjestelmät on oltava soveltuvia pääurakoitsijan järjestelmien kanssa. (Kaario & Peltola 2008, s. 147–148; BuildingSMART Finland 2019a)

Yksi suuri muutoksen osa-alue on tapahtumassa tietosisällöissä. Perinteisten rakenteettomien dokumenttien ja rakenteisen tietokantadatan raja alkaa hämärtyä, sillä dokumentteja ja asiakirjoja tuotetaan yhä enemmän rakenteisessa muodossa ja niihin liitetään metatietoja. Tämän takia niiden hallittavuus tietoteknisillä laitteilla helpottuu ja jatkokäyttömahdollisuudet lisääntyvät tulevaisuudessa. Dokumenttien ja tiedon rakenteistaminen yhtenäistää tiedon tallennusmuotoja ja -rakenteita. Esimerkiksi tallennusmuodot standardoituvat ja yhtenäistyvät avoimien tiedonsiirtoformaattien kehittyessä. Tulevaisuudessa myös äänen ja videokuvan merkitys tulee kasvamaan, kun niiden käsittely mahdollistuu automaattisesti. Yleisellä tasolla myös tiedonhallinnan automaatio tulee lisääntymään. Infra-alalla kehitys on nähtävissä tietomallintamisessa, kun kaivinkoneet tuottavat suoraan mitta- ja toteumatietoa. Infrahankkeissa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä tiedonhallintaa kehittämällä. Jotta tuottavuutta saadaan tehostettua, projektinjohto tarvitsee tiedonhallinnan parantamiseksi uusia työvälineitä. (Kaario & Peltola 2008, s. 150–151; Viljamaa et al. 2012; Heikkilä & Tiitinen 2013)

3.2.2 Työnjohdon sovellukset

Tietomallit ovat nykyisin jo melko laajalti käytössä infratyömailla. Mallinnusta ja tietomalleja hyödynnetään yleisesti koneohjausmalleissa, määrälaskennassa ja laadunvarmistuksessa. Joissakin määrin tietomalleja hyödynnetään työmaan visualisoinnissa, aikataulutuksessa, työnsuunnittelussa sekä viestinnässä. Tietomallien käytössä on kuitenkin noussut esiin tiettyjä ongelmia. Yksi haaste on ollut tietomallin tarkasteluun ja maastopaikannukseen sopivien laitteiden ja ohjelmistojen puutteellisuus erityisesti työnjohdon näkökulmasta. Toinen haaste ovat olleet huonot tiedonsiirtoyhteydet ja käytettävyys työmaaolosuhteissa, sillä tietomallit ovat monesti niin isoja tiedostoja, että sujuva toiminta vaatii nopeita verkkoyhteyksiä ja tehokkaita laitteita. Myös tietomalleissa itsessään on ollut puutteita, erityisesti jos mallia on tehty paloittain hankkeen suunnittelun edetessä rakentamisen aikana. Työnjohdon keskuudessa on myös toivottu koulutusta tietomallien

hyödyntämiseen liittyen, jotta mallipohjaisesta toiminnasta saisi paremmin hyötyjä. (Värri 2015, s. 35–38; Keskinen 2019, s. 17–27)

Työmaan hallintaan tarkoitettuja työnjohdon sovelluksia tarjoavat koneohjausjärjestelmien toimittajat sekä riippumattomat tarjoajat. Esimerkiksi Leican ConX on pilvipohjainen ohjelmisto, joka toimii yhdessä Leican koneohjausjärjestelmien kanssa. Perusversio mahdollistaa muun muassa tietomallien tarkastelun ja näyttää työmaan kaluston kartalla. ConX-palveluun on mahdollista liittää eri tyyppisiä lisäosia. Esimerkiksi Earthmoving productivity -lisäosan avulla on mahdollista seurata massansiirron edistymistä reaaliaikaisesti. (Leica Geosystems 2019a, 2019b)

Yksi työmaanhallintaan tarkoitettu pilvipalvelu on suomalainen Infrakit. Palvelu toimii kaikissa tietokoneissa ja mobiililaitteissa, sillä se tarvitsee toimiakseen vain internetyhteyden ja verkkoselaimen. Infrakit on mahdollista yhdistää yleisimpiin koneohjausjärjestelmiin, jolloin sen avulla on mahdollista esimerkiksi päivittää koneohjausmalleja, seurata toteumatietoa ja koneiden käyttöastetta. Koneohjausjärjestelmistä riippumattoman palvelun etuna on, että koneohjausjärjestelmien tiedonsiirto voidaan hoitaa usein vain yhden palvelun kautta, jolloin vältetään mallien päivittämiseltä jokaiseen järjestelmään erikseen. Infrakitillä voi tarkastella tietomalleja ja piirtää esimerkiksi pituus- ja poikkileikkauksia myös mobiilisovelluksella. Sovellus näyttää käyttäjän sijainnin suhteessa suunnitelmiin ja esimerkiksi työmaalta otetut valokuvat sidotaan koordinaatistoon. (Infrakit 2019a, 2019b)

Kolmas esimerkki työmaan tiedonhallinnan ratkaisusta on Trimblen digitaalinen työmaa-palvelu. Se perustuu Tekla Civil -teknologiaan, jota voi käyttää niin työmaatoimisto- kuin maasto-olosuhteissakin. Järjestelmä mahdollistaa tietomallin tarkastelun ja sisältää työkaluja muun muassa määrälaskentaan, toteutus- ja toteumamallien hallintaan ja muokkaamiseen sekä työnaikaisten liikennejärjestelyjen suunnitteluun. Järjestelmä helpottaa myös tiedonsaantia, sillä mallin objekteille on mahdollista antaa ominaisuus- ja metatietoja, jotka tulevat esiin helposti klikkaamalla. Palvelu mahdollistaa myös laadunvarmistamisen pistepilviaineistoa ja toteutusmalleja vertaamalla. Myös tässä palvelussa on mahdollista lisätä paikkaan sidottuja muistilappuja ja valokuvia tietokantaan. (Kriz 2018; Civilpoint 2019)

Reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntäminen on todennäköisesti tulevaisuudessa yhä enemmän yksi työnjohdon työvälineistä. Reaaliaikaista tilannekuvaa käsitellään tarkemmin tutkimuksen luvussa 3.3. Reaaliaikainen tilannekuva auttaa työnjohtoa tekemään päätöksiä työssään. Tilannekuvan hahmottamisesta on hyötyä niin isoissa kuin pienem-

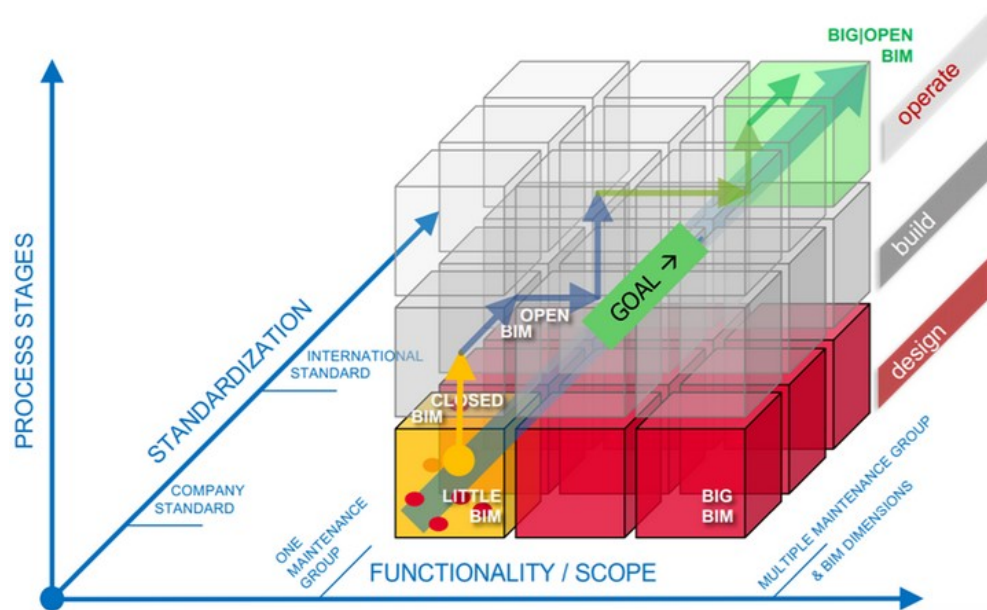
missäkin hankkeissa. Suurissa hankkeissa reaaliaikainen tilannekuva helpottaa kokonaisuuden hahmottamista, kun taas pienissä hankkeissa se mahdollistaa usean hankkeen tehokkaamman hallinnan. (Jaakkola 2010)

3.2.3 Tiedonhallinnan kehittyminen infra-alalla

BuildingSMART Finland hahmotellut inframallintamisen vision 2025, joka korostaa kaikkien infraprosessien digitalisoinnin tärkeyttä ja hyötyjä. Tavoitteena tällöin on, että infraprosessien kaikissa vaiheissa on käytössä avoimet ja ohjelmistoriippumattomat tietomallit. Vuoteen 2025 mennessä pyritään lisäksi digitalisoimaan kaikki infran suunnittelu- ja tuotantoprosessit, mikä luo edellytykset niin infra-alan kuin koko Suomen tuottavuuden ja kilpailukyvyn kehittymiselle. BuildingSMART Finland seuraa tiiviisti myös kansainvälistä alan kehitystä ja standardointia. Suomalainen Inframodel-formaatti on herättänyt kansainvälistä kiinnostusta, mutta samalla on seurattava kuinka formaatit ja teknologia kehittyvät ulkomailla. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että nykyisin Suomessa taitorakenteiden mallintamisessa käytetty IFC-formaatti tukee jatkossa paremmin myös muita infrarakenteita. (Salmi 2015b, s. 12–13)

Avoimen tietomallintamisen, Open BIMin, säästöpotentiaali on suuri koko Euroopan rakennusteollisuuden mittakaavassa. Raporteissa on ennustettu BIMin käyttöönoton tuovan 15-25 % säästöt globaaleilla inframarkkinoilla vuoteen 2025 mennessä. Suomessa toteutetussa RASTI-hankkeessa arvioitiin tiedonhallinnan kustannussäästökseksi 300 miljoonaa euroa ja rakentamisen tuottavuuspotentiaaliksi 12-20 % seuraavan kymmenen vuoden aikana, mikäli tiedonkäsittely toimii esteettä. Tavoitteisiin pääseminen vaatii investointeja alan standardintyöhön ja järjestelmiin, jotta avoin tiedonsiirto ja data-analytiikka mahdollistuu. (Perttula & Savolainen 2019; RASTI-projekti 2019)

Tietomallintamisen käyttöönotossa kehitetään usein yrityskohtaisia standardeja, yhden osa-alueen, kuten rakentamisen läpivientiä yhden käyttäjäryhmän näkökulmasta. Tällöin voidaan ajatella, että BIM on pieni ja suljettu. Tietomallintamisen mahdollistama potentiaali saadaan hyödynnettyä, kun tavoitellaan isoa ja avointa BIMiä. Tällöin toiminta on kansainvälisten standardien mukaista, kattaa koko elinkaaren ja siinä on mukana kaikki osapuolet. Kehitys laajaan ja avoimeen toimintaan vaatii aikaa, sitoutumista ja työtä. Tietomallintamisen kehitys voidaan ajatella kuutioksi oheisen kuvan mukaan. Suomi sijoittuu tällä hetkellä kuutiossa keskivaiheille. Teknologian ja osaamisen kehittyessä tietomallintamisen hyödyt ovat yhä helpommin käytettävissä. (Perttula & Savolainen 2019; RASTI-projekti 2019)



Kuva 12. Tietomallintamisen kehityskulku. (Perttula & Savolainen 2019)

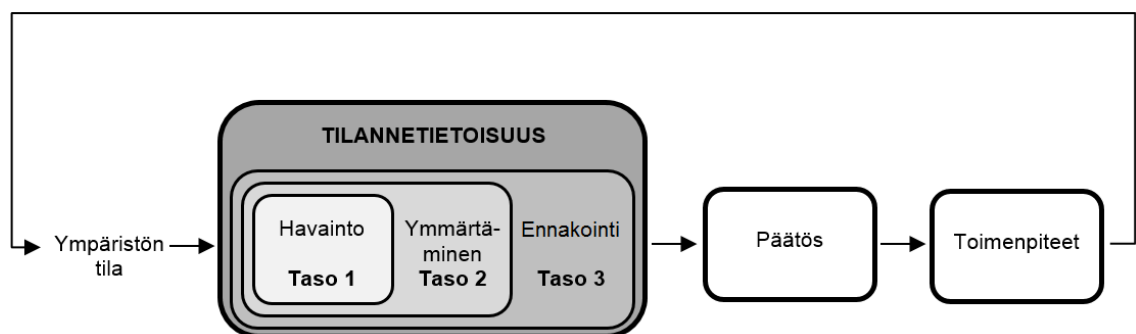
Norja on pohjoismaista pisimmällä paperittomien hankkeiden toteutuksessa. Norjassa rakennetaan parhaillaan siltahankkeita kokonaan ilman piirustuksia. Siellä vaatimuksena on, että kaikki sillat tietomallinnetaan. Hankkeen tietomallia säilytetään pilvipalvelussa, joten se on reaaliaikaisena kaikkien osapuolten käytettävissä. Malli on hankkeen ainoa virallinen aineisto myös työmaalla. Malliaineisto mahdollistaa tiedonsiirron suoraan koneohjausjärjestelmiin. Suomessa piirustuksettomista hankkeista on tehty joitakin kokeiluja ja osakokonaisuuksia, ja kehityssuunta onkin kohti kokonaisvaltaista tietomallintamista. (Rakennuslehti 2019)

Suomessa on tällä hetkellä käynnissä infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi Ihku. Hankkeen tavoitteena on toteuttaa infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä, ottaa se vaiheittain käyttöön, huolehtia sen ylläpidosta sekä toteuttaa kehitetyn kustannuslaskentajärjestelmän mukainen palvelu. Allianssin osapuolia ovat Väylä sekä useat kaupungit ja yritykset. Tilaajilla on tarve ohjata infrahankkeiden suunnittelua läpinäkyvästi, minkä vuoksi luotettavat ja läpinäkyvät kustannusarviot ovat tarpeen. Järjestelmän kehitystyössä pyritään huomioimaan infra-alan toimintaympäristön kehittyminen muun muassa infraBIMin osalta. Tavoitteena on hyödyntää teknologian ja muiden järjestelmien kehitystä niin, että laskentaa pystytään automatisoimaan mahdollisimman paljon. Järjestelmä mahdollistaisi näin kustannusarvioiden paremman laadun lisäksi kustannuslaskennan kytkemisen kiinteäksi osaksi suunnitteluprosessia ja helpomman vaihtoehtoisten ratkaisujen arvioinnin, vertailun ja riskitarkastelun. Hanke aloitettiin kehitysvaiheella vuonna 2018, toteutusvaihe on suunniteltu vuosille 2019-2021 ja palveluvaihe 2021-2028. (Ihku-allianssi 2018, 2019)

Data on digipalvelujen tärkein raaka-aine. Rakennetusta ympäristöstä kertyy tieto-omaisuutta sen kaikissa elinkaaren vaiheissa maankäytön suunnittelusta ylläpitoon. Jotta kerättyä dataa saadaan hyödynnettyä tehokkaasti, tärkeässä osassa ovat rajapintojen avaaminen ja käytettävyys. Tieto, sen uusi yhdistely ja reaaliaikainen käyttö synnyttävät uusia innovaatioita ja parannuksia nykyiseen toimintaan. Rakennusallalla talonrakennuksen ja infran tietomallit saadaan yhdistettyä kaupunkimalliksi, jonka avulla saadaan tilannekuvaa eri järjestelmien toiminnasta. Tällöin voidaan puhua digitaalisesta kaksosesta, joka näyttää reaaliaikaista tilannekuvaa esimerkiksi alueen liikenteestä tai valaistuksesta. Mahdollisista häiriöistä saadaan ajantasainen tieto ylläpitoon ja huoltoon. Kaikki tämä tarkoittaa, että tietoliikenteessä liikkuvan datan määrä kasvaa. Tulevaisuuden tavoitteiden saavuttaminen vaatii tiedonsiirtoyhteyksiltä uusia taajuuksia ja kaistaleveyksiä. (RIL 2019, s. 23–24)

3.3 Reaaliaikainen tilannekuva

Tilannetietoisuus (situational awareness) -termi on otettu käyttöön alun perin sotilasilmailussa. Ilmailussa termillä tarkoitetaan miehistön kykyä hahmottaa ympäristöä kaikine tekijöineen ja toimia siten päätöksenteon apuvälineenä. Ilmailusta termi on levinnyt pelastustoimeen ja edelleen muille aloille yleiskäyttöön. Aihetta tutkinut Mica Endsley jakaa tilannetietoisuuden kolmeen eri tasoon: havaitsemiseen, ymmärtämiseen ja ennakkointiin. Tilannetiedon muodostumiseen vaikuttaa ympäristön tila alkutilanteessa. Tilannetiedon pohjalta tehdyt päätökset ja toimenpiteet muuttavat taas ympäristöä, jolloin prosessi on jatkuva. Endsleyn teoriassa tilannetietoisuus on henkilökohtainen näkemys, mutta prosessi on sovellettavissa myös organisaatioiden toimintaan. Tällöin yksittäisten ryhmän jäsenten tilannetietoisuus jalostuu koko ryhmän tilannetietoisuudeksi. (Endsley 1995)



Kuva 13. Tilannetietoisuuden tasot ja päätöksenteon prosessi. (Endsley 1995)

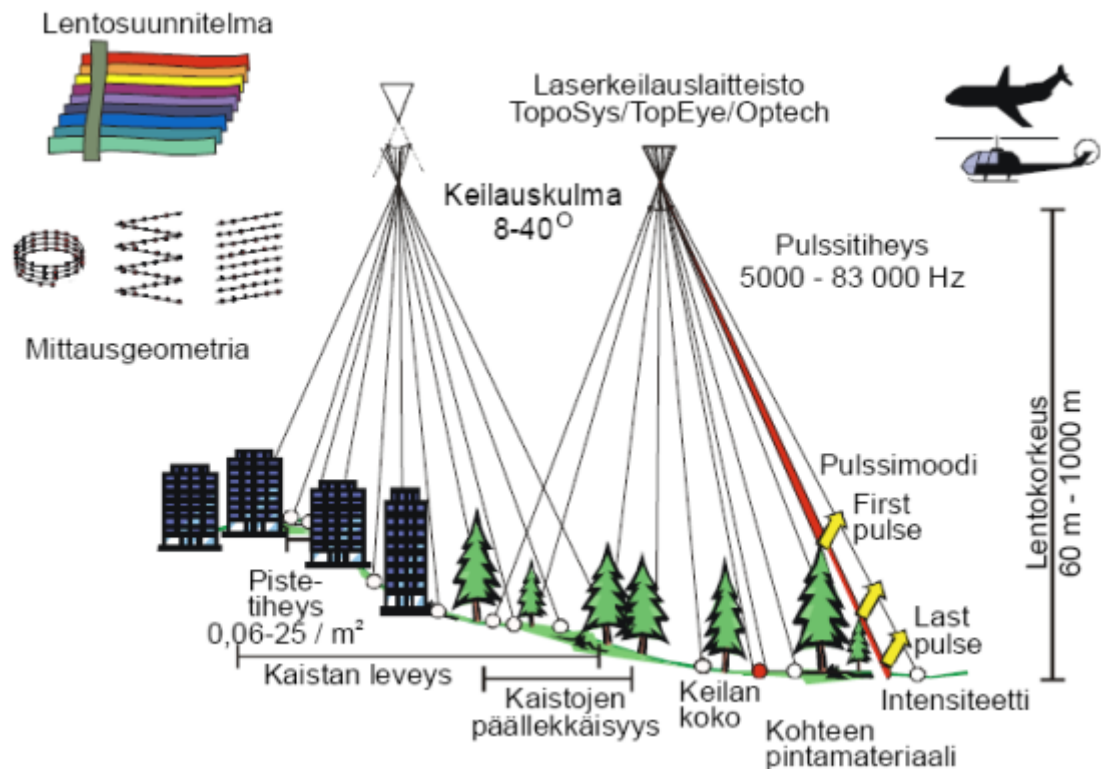
Termi tilannekuva (situation picture) ei sen sijaan ole määriteltävissä näin tarkkaan. Tilannekuvalla voidaan tarkoittaa yksinkertaisimmillaan tietojärjestelmän tuottamaa aineistoa, kuten karttakuvaa. Se voi myös tarkoittaa laajaa raporttia analyseineen tilanteesta ja sen kehittymisestä. Yhteisenä tekijänä tilannekuvan määritelmille on, että tilannekuva on aina päätöksentekoa tukeva apuväline. Käytettäviä termejä voivat olla myös tilanneymmärrys tai -käsitys. Nämä käsittelevät tilannetietoisuuteen verrattuna enemmän tulevaisuutta. Esimerkiksi tilanneymmärrys kohdistuu siihen, millaiseksi tilanne on muodostumassa tai voi muodostua, sekä kuinka siihen on mahdollista vaikuttaa. (Rantanen 2018, s. 7–8)

Reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntäminen rakentamisessa on yksi mahdollisuus lisätä alan tuottavuutta. Reaaliaikainen tilannekuva ei tarkoita joka sekunti päivittyvää tietoa, vaan usein rakentamisessa riittää kerran päivässä tai viikossakin päivittyvä tieto. Mikäli henkilö pystyy vastaamaan kysymyksiin ”Mitä ympäristössäni tapahtuu?”, ”Mitä tapahtuu seuraavaksi?” ja ”Mitä toimintamahdollisuuksia minulla on?”, on henkilö tilannetietoinen. Tilannetieto toimii siis päätöksenteon tukena. Tiedosta saadaan paras hyöty, kun tilannekuva jaetaan yhteisesti ja avoimesti koko organisaation käyttöön. Jaettu informaatio mahdollistaa organisaation sujuvan ja yhdenmukaisen toiminnan. Rakentamisessa tietosisältöjen integrointi, käsittely ja hyödyntäminen tehokkaasti yhdellä alustalla mahdollistavat työnjohdon sujuvan toiminnan ja nopean reagoinnin mahdollisiin muutoksiin ja poikkeamiin. (Demšar et al. 2009; Viljamaa & Peltomaa 2014)

Infra-alalla kiinnostus reaaliaikaiseen tilannekuvaan on lisääntynyt viime aikoina. Esimerkiksi Länsimetron toisessa vaiheessa projektijohdon työkaluna on tilannehuone, joka tuottaa jatkuvasti reaaliaikaista tietoa hankkeesta. Tilannehuoneessa voi seurata muun muassa hankkeen aikataulua, kustannuksia, riskejä, laatuasioita, yhteistyön sujuvuutta ja työturvallisuutta. Tavoitteena on selkeyttää viestintää projektin kaikkien osapuolten välillä. Kun tieto on oikeaa, reaaliaikaista sekä riittävän yksiselitteistä, työnjohdon on mahdollista puuttua heti esimerkiksi ongelmatilanteisiin ja suunnitella korjaustoimenpiteet. Perinteisessä infrahankkeessa tärkeää on myös massansiirron hallinta ja seuranta. Massojen hallintaan on kehitetty erillisiä sovelluksia mutta se on mahdollista myös muilla keinoin, kuten laserkeilaamalla. (Länsimetro 2018; Leica Geosystems 2019b)

Laserkeilaus mahdollistaa lähtötietoaineiston tuottamisen tietomallintamisen tarpeisiin, mutta on myös yksi työnjohdon työväline. Laserkeilaamalla voidaan tuottaa tilannekuva-aineistoa työnjohdon tarpeisiin. Laserkeilaamalla pystytään mittaamaan pisteitä koskematta kohteeseen muutaman sentin tarkkuudella. Tämä mahdollistaa esimerkiksi hankalasti saavutettavien kohteiden mittauksen nopeasti ja turvallisesti. Laserkeilain tuottaa pistepilven, joka koostuu tuhansista tai jopa miljoonista pisteistä, joilla kaikilla on x-, y- ja

z-koordinaatit. Menetelmä perustuu lasersäteen tuottavaan lasertykkiin, lasersädettä poikkeuttavaan keilainosaan sekä vastaanotetun signaalin tulkitsemiseen ja etäisyyden määrittämiseen käytettävään ilmaisinosaan. Etäisyyden määrittäminen perustuu valon kulkuaikaan, vaihe-eroon, näiden yhdistelmään tai kolmiomittaukseen laitetyypistä riippuen. Laserkeilausta voidaan tehdä ilmasta, maalla liikkuvasta ajoneuvosta tai paikallaan olevalla maalaserkeilaimella. Ilmalaserkeilauksen periaate on esitetty seuraavassa kuvassa. (Cronvall et al. 2012, s. 10–17)



Kuva 14. Ilmalaserkeilauksen periaate ja parametrit. (Cronvall et al. 2012, s. 13)

Infrahankeissa käytettävä maastomalli tuotetaan usein pääosin laserkeilaamalla. (Liikennevirasto 2011, s. 18) Urakoitsijan näkökulmasta hyödyllisiä laserkeilauksen käyttökohteita ovat mm. tilavuuksien määrittäminen, määrälaskenta sekä koneohjaus- ja toteutumamallien tuottaminen. Laserkeilausta voidaan hyödyntää esimerkiksi louhoksien ja varastokasojen tilavuuden määrittämisessä sekä leikkaus- ja täyttömäärien arvioinnissa. Laadunvarmistuksessa laserkeilausta voidaan hyödyntää esimerkiksi vertaamalla pistepilveä ja suunnitelmamallia toisiinsa. Laserkeilain voidaan asentaa myös lennokkialustalle, joka on verrattain edullinen ja myös tarkka mittaustapa. Maastomalli voidaan tuottaa laserkeilauksen sijaan myös fotogrammetrisesti, eli valokuvien pohjalta. Droneilla on mahdollista tuottaa kustannustehokkaasti varsinkin 50-500 hehtaariin rajattujen alueiden maastomalleja fotogrammetrisesti. (Remondino & Zhang 2012; Heikkilä et al. 2013, s. 6; Pekkala 2015, s. 27–35)

Tulevaisuudessa reaaliaikaista tilannekuvaa on mahdollista tuottaa myös satelliittien avulla. Haasteena satelliittien hyödyntämisessä on ollut vaatimaton satelliittikuvien resoluutio. Nykyisin kuitenkin satelliittikuvien resoluutiot ovat kehittyneet nopeasti ja tarkkuus on parhaimmillaan joidenkin kymmenien senttien luokkaa. Esimerkiksi WorldView-3 ja -4 -satelliittien sensorit mahdollistavat pankromaattisissa, eli mustavalkoisissa kuvissa 0,31 m ja multispektraalisissa kuvissa 1,24 m resoluution. Kyseiset satelliitit on otettu käyttöön vuosina 2014 ja 2016. Vertailun vuoksi vuonna 2007 käyttöönotettu WorldView-1 -satelliitti otti ainoastaan pankromaattisia kuvia 0,5 m resoluutiolla. Nykytilanteessa satelliittikuvien resoluutio alkaa kuitenkin olla jo tasolla, josta on enää vaikea parantaa, sillä satelliitit kiertävät maata satojen kilometrien korkeudessa. Kuvausalueen pinta-ala ja resoluutio ovat kääntäen verrannollisia. Mikäli halutaan tarkkoja, alle metrin resoluutiolla olevia kuvia, kuva-ala voi olla noin 10x10 km. Toisaalta taas 100x100 km kuva-ala pudottaa resoluution 10-20 metriin. (Karjalainen 2019; Satellite Imaging Corporation 2019)

Satelliittikuvien hyötyinä verrattuna perinteisiin ilmakuviin ja laserskannauksiin voidaan nähdä tiheä kuvausväli, stabiili sisäinen geometria ja eri aallonpituusvaihtoehdot. Satelliittien kuva-ala voi olla satoja kilometrejä ja ne kuvaavat säännöllisesti samaa aluetta ilman erillistä kuvauspyyntöä. Tiheän kuvausvälin ansiosta satelliittikuvat sopivat jatkuvasti muuttuvien kuvausalueiden kartoitukseen, millaisia infratyömaatkin ovat. Näin hankkeen etenemisen monitorointi on mahdollista satelliittikuvien pohjalta. Satelliittikuvien stabiili sisäinen geometria vähentää tarvittavien tukipisteiden määrää ja laajat yhtenäiset kuvausalueet vähentävät yhteensovittavien kuvien lukumäärää. Satelliittiaineistoa on myös mahdollista yhdistää esimerkiksi laserskannausaineiston kanssa, jolloin aineistoa saadaan tarvittaessa tarkennettua. (Parmes 2010; Karjalainen 2019)

Satelliittikuvien pohjalta on mahdollista tehdä pintamalleja samaan tapaan kuin ilmakuvistakin, mutta tällä hetkellä tähän soveltuva satelliittikuva-aineisto on kaupallista ja kallista. Kuvaparin hinta saattaa olla jopa yli 10 000 €. Aineistoa voi tuottaa myös erikoisteknologioiden, kuten SAR-interferometrian tai eksperimentaalisten satelliittilidareiden avulla, mutta ne eivät ole vielä nykytekniikalla kovinkaan käyttökelpoisia. Tilannekuvan tuottamisen kannalta satelliittien haasteena on pilvisyys, sillä kuva-aineistoa ei saa pilvien läpi. Tutkateknologian avulla on mahdollista nähdä pilvien läpi, mutta tutkaamalla saatavan datan käyttökelpoisuus on rajoittunutta. Satelliittien hyödyntämistä rakentamisessa ei ole vielä juurikaan tutkittu, mutta nyt EU-hankkeita on käynnistymässä aiheeseen liittyen. (Karjalainen 2019)

3.4 Automaattiajaminen tulevaisuuden haasteena

Vuosien 2017 ja 2040 välisenä aikana Suomen väylänpitoon sijoitetaan noin 70-100 miljardia euroa. Tämä rahoitus on tärkeää käyttää tehokkaasti ja viisaasti henkilö- ja tavaraliikenteen ja muiden siihen kytkeytyvien toimintojen kehittämiseen. Monet muutokset tapahtuvat tulevaisuudessa tietotekniikan keinoin. Uusi teknologia voi tuoda mukanaan väylille ja väylänpitoon uusia ominaisuuksia, mutta fyysinen liikkuminen tapahtuu edelleen katuja, teitä tai raiteita pitkin. Yksittäisten hankkeiden sijaan on tärkeää tarkastella koko liikennejärjestelmää erilaisissa kehityshankkeissa. Tulee myös huomioida, että yhtä tärkeää kuin investoinnit ja rakentaminen, on nykyisen liikenneinfrastruktuurin tehokas hyödyntäminen informaation, hoidon ja ylläpidon keinoin sekä liikennepalveluja kehittämällä. Tietomallintamiseen liittyvällä kehitystyöllä on mahdollista saada tästä rahoitussummasta enemmän hyötyä. (Nippala & Vainio 2017)

Yksi tulevaisuuden kehityskohde on automaattiajaminen. Tieliikenteen automaation nähdään parantavan tieliikenteen turvallisuutta ja tehostavan sen sujuvuutta. Automaattiset ajoneuvot kykenevät tuottamaan ajantasaista tilannekuvaa toimintaympäristöstään erilaisten sensoreiden, tutkien ja kameroiden avulla. Lähitulevaisuudessa verkottuneet ajoneuvot kykenevät lähettämään ja vastaanottamaan häiriöviestejä keskustelemalla älykkään infran ja muiden verkottuneiden ajoneuvojen kanssa. Tulevaisuudessa ei riitä ainoastaan ajoneuvojen sensori- ja automaatioteknologioiden kehittyminen, vaan myös ajoneuvojen toimintaympäristön, eli infran on oltava ajanmukaista. Automaattiajaminen vaatii, että ajoneuvolla on käytettävissä kattavaa ja tarkkaa dataa sen kulkureitistä, riittävän hyvää fyysistä infrastruktuuria sekä tarkka paikka- ja sijaintitieto. Automaattiajamista on testattu jo Suomen haastavissa olosuhteissa ennalta määritellyillä reiteillä. (Koskela 2018)

Automaattiajaminen aiheuttaa kustannusvaikutuksia tienpidolle. Vaikka on mahdollista, että automaattiajoneuvot selviäisivät nykyisessäkin liikenneympäristössä, automaattitoiminnot edellyttävät toimintaympäristöltä ja sen jatkuvuudelta todennäköisesti muutoksia ainakin osaan tieverkkoa. Tällä hetkellä vaatimusten arviointi on kuitenkin vielä arvailujen varassa, sillä automaattiajamisen järjestelmätkin ovat vielä kehitysvaiheessa. Automaattiajaminen yleisessä liikenteessä jaetaan viiteen eri tasoon, missä tason 5 ajoneuvo kykenee toimimaan ilman kuljettajaa kaikissa oloissa ja tason 1 ajoneuvo edustaa alkeellisinta teknologiaa, kuten ajovakaudenhallintaa tai vakionopeussäätimä. Tulevaisuudessa on odotettavissa, että tason 4 ajoneuvot tulevat markkinoille 2020-luvun alussa. Nämä pystyvät toimimaan ilman kuljettajaa ennalta määritellyissä olosuhteissa. Oheisessa taulukossa on esitetty automaattiajamisen toimintaympäristöön mahdollisesti kuuluvia tekijöitä. (Liikennevirasto 2015; Kulmala 2018)

Taulukko 1. *Automaattiajamisen todennäköiset vaatimukset liikenneympäristölle. (Kulmala 2018)*

Piennar	Riittävän leveä turvalliseen pysähtymiseen tai levennyksiä riittävän tiheästi
Tiimerkinnät	Hyvin näkyvissä olevat kaistaviivat sivusuuntaista paikannusta ja/tai liikennesääntöjen noudattamista (kaistanvaihdon tai ohituksen kieltö, jne) varten
Liikennemerkkit	Hyväkuntoiset ja hyvin näkyvät liikennemerkkit liikennesääntöjen noudattamista varten. Näkyvyyttä automaattiajoneuvoille voidaan parantaa radiomajakoiden avulla
Tienvarsi-rakenteet	Radiomajakat tai kiinteät tienvarsipaalut tarkkaa paikannusta varten. Paalut voidaan varustaa anturiheijastimin
HD-kartta	3D HD-kartta paikannusta varten
Satelliitti-paikannus	Pitkittäisen ja poikittaisen sijainnin sekä ajokaistan paikannusta varten. Paikannustarkkuutta parannetaan maa-asemien ja tienvarsirakenteiden avulla
Tietoliikenne	Ajoneuvojen välisten vuorovaikutustilanteiden ratkaisuun ja paikallisen dynaamisen kartan (local dynamic map) ylläpitoon. V2V-tiedonsiirto on välttämätöntä, jos sovellukseen liittyy letka-ajo, ja V2I-tiedonsiirto ajantasa- ja liikenteenhallintatiedon vastaanottamiseen
Ajantasatieto	Tieto häiriöistä reitillä taktisten päätösten (reitit, kaistan ja nopeuden valinta) tekoa varten

Automaattiajamisen vaatimukset toimintaympäristölle riippuvat automaation toteutustavasta. Mikäli tarkka paikannus perustuu kaistaviivoihin ja tienvarsirakenteisiin, niiden hankinta ja ylläpito hyvässä kunnossa ja näkyvinä lisää kustannuksia. Toisaalta mikäli paikannus perustuu satelliittipaikannukseen, edellä mainituilta lisäkustannuksilta välttytään. Euroopan tieviranomaisten yhteisjärjestö on arvioinut verkottuneen ja automaattiajamisen kustannusvaikutukset Euroopan päätieverkolla noin 10 miljardiin euroon vuoteen 2028 mennessä. Suuri kustannusvaikutus on tietoliikenneyhteyksien parantamisella. (CEDR 2018; Kulmala 2018)

Automaation lisääntyminen näkyy myös työkoneissa. Työkoneiden automatisointi on monessa tapauksessa myös helpommin toteutettavissa kuin yleisessä liikenteessä liikuvien autojen automaation kehittäminen. Krug et al. (2019) näkevät, että lainsäädäntö mahdollistaa automaation laajemman hyödyntämisen suljetuilla työmaa-alueilla jo nykyään hyvin. Suurempia esteitä ovat sen sijaan soveltuvan teknologian korkea hinta sekä rajallinen tuottavuushyöty. Kuitenkin jo nykyään esimerkiksi monilla kaivoksilla on käytössä ilman kuljettajaa toimivia ajoneuvoja. Artikkelissa on tutkittu automaation kehittymistä maataloudessa, rakentamisessa, viheralueiden hoidossa ja materiaalinkäsittelyssä. Viheralueiden hoidossa on käytetty robottiruohonleikkureita ja materiaalinkäsittelyssä autonomiset trukit ovat yleisessä käytössä. Maataloudessa ja rakentamisessa automaatio ei kuitenkaan vielä ole niin pitkällä. Toimintaympäristö on niin maataloudessa kuin rakentamisessakin automaation kannalta haastavin. Työmaat ovat usein epäselviä

hahmottaa ja samalla alueella työskentelee useita eri henkilöitä ja työkoneita, jotka toiminnassa tulee huomioida. (Heikkilä et al. 2019)

Työkoneille ei ole olemassa myöskään yhtä selkeää luokittelua eri automaatiotasoihin, kuten autoille on määritetty. Heikkilä et al. (2019) jakavat maansiirtokoneiden automaation seitsemään eri luokkaan välillä 0-6. Automaatiotasot on määritetty tarkasti ja esimerkiksi etäohjaukselle ja autonomisten koneiden keskinäiselle toiminnalle on oma luokansa. Sen sijaan Krug et al. (2019) jakavat automaation neljään eri luokkaan välillä 1-4. Automaatio jaetaan kuljettajaa avustaviin järjestelmiin (luokat 1 ja 2) sekä autonomisiin järjestelmiin (luokat 3 ja 4). Yhteistä näille kuitenkin on, että automaatio lisääntyy luokan kasvaessa. Kuten luvussa 3.1. todettiin, useimpien työkoneiden osalta automaatioaste on vielä kuljettajaa opastavalla tasolla. Koneiden ohjaus tapahtuu siis manuaalisesti kuljettajan ohjaamana, mutta koneohjausjärjestelmän opastamana. Tällainen järjestelmä luokitellaan molempien luokitusten perusteella luokkaan 2.

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Tutkimusmenetelmät

Diplomityön empiirinen osa perustuu asiantuntijahaastatteluihin. Tutkimushaastattelut toteutettiin teemahaastatteluina, joka on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä. Teemahaastattelu kohdennetaan tiettyihin teemoihin, joista haastattelutilanteessa keskustellaan. Haastattelu etenee yksityiskohtaisten kysymysten sijaan keskeisten teemojen varassa. Tällöin haastattelu on muodoltaan vapaampi ja haastateltavan omat näkökulmat saadaan paremmin esiin. Teemahaastattelussa ihmisten tulkinnat ja heidän asioille antamat merkitykset ovat keskeisiä. Teemahaastattelussa kysymykset ovat kaikille haastateltaville samat, mutta haastateltavat saavat vastata kysymyksiin omin sanoin. (Hirsjärvi & Hurme 2008, s. 48)

Haastattelututkimuksen tarkoituksena oli saada ajantasainen tieto alan nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä. Vaikka kaikille haastateltaville esitettiinkin samat kysymykset, haastatteluja oli mahdollista painottaa haastateltavan omaan erikoisalaan, esimerkiksi täsmentäviä kysymyksiä esittämällä, minkä haastattelutyyppi mahdollistaa. Teemahaastattelu oli tässä työssä hyvä tutkimusmenetelmä, sillä tietomallintaminen kehitty jatkuvasti. Tällöin alan tutkimustieto ei välttämättä ole ajantasaista, mutta aihepiirin parissa työskentelevillä asiantuntijoilla on ajankohtainen tieto alan nykytilasta.

4.1.1 Haastattelun rakenne

Haastatteluiden avulla pyrittiin saamaan mahdollisimman kattava yleiskuva tietomallintamisen nykytilasta ja tulevaisuuden tarpeista. Sen vuoksi niin haastattelun teema-alueet kuin haastateltavatkin valittiin mahdollisimman monipuolisesti alan eri osa-alueet ja roolit huomioiden. Haastattelukysymykset laadittiin työn teoriaosan pohjalta. Jokainen teema-alue sisältää 2 tai 3 tarkentavaa apukysymystä, jotka ohjaavat haastattelua. Diplomityön liitteessä 1 on esitetty käytetty haastattelulomake.

Haastattelu jaettiin lopulta viiteen eri teemaan:

- tietomallintamisen hyödyt ja haasteet
- koneohjaus
- reaaliaikainen tilannekuva
- tiedonhallinnan kehitys

- ohjelmistojen kehittyminen.

Haastattelut aloitettiin yleisillä tietomallintamisen hyötyjä ja haasteita koskevilla kysymyksillä. Tavoitteena oli selvittää haastateltavien yleinen näkökulma aiheeseen ja alustaa myöhempiä aihepiirejä. Koneohjausteemassa keskityttiin koneohjauksen tulevaisuuden rooliin, teknologian kehittymiseen lähitulevaisuudessa ja mahdollisiin kehityksen esteisiin. Reaaliaikainen tilannekuva -osiossa selvitettiin sen mahdollisuuksia ja haastateltavien omakohtaisia kokemuksia tilannekuvan hyödyntämisestä. Tiedonhallinta-osiossa tavoitteena oli selvittää näkemykset yleisesti tiedonhallinnan kehittymisestä ja erityisesti lopputuotteen, tässä tapauksessa urakoitsijan luovutusaineiston vaatimusten osalta. Ohjelmistoteemassa keskityttiin ohjelmistojen kehitysnäkymiin, mahdollisiin yhteensopivuusongelmiin ja hyödyntämiseen kaikissa hankkeen vaiheissa.

Haastattelun avoimen muodon takia haastattelut eivät välttämättä edenneet tietyssä järjestyksessä, vaan teema-alueesta toiseen saatettiin siirtyä vapaasti keskustelun edetessä. Ennen haastatteluiden pitämistä oli harkinnassa, olisiko haastattelut pitänyt toteuttaa erilaisina eri osa-alueiden asiantuntijoille, mutta valittu malli osoittautui toimivaksi. Haastateltavat vastasivat kuitenkin jokaiseen alakysymykseen, vaikkei se välttämättä omaa erikoisalaa ollutkaan. Vieraampiin teema-alueisiin liittyen haastateltavilta saattoi silti tulla hyviä kehitysehdotuksia heidän omista näkökulmistaan.

4.1.2 Haastatteluiden toteutus

Haastatellut henkilöt edustavat infra-alan eri osapuolia. Kohderyhmään kuului urakoitsijan, tilaajan sekä koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajia. Näiden lisäksi haastateltiin yhtä satelliittiteknologian asiantuntijaa. Haastattelut toteutettiin yksilö- tai ryhmähaastatteluina. Haastattelut pidettiin pääasiassa kasvokkain yritysten toimitiloissa, mutta osa haastatteluista toteutettiin myös puhelimesta. Haastateltavilla henkilöillä oli etukäteen mahdollisuus tutustua haastattelulomakkeeseen. Haastattelut olivat avoimia ja keskustelunomaisia.

Haastateltavat henkilöt pyrittiin valitsemaan siten, että vastauksia saadaan monista eri näkökulmista. Haastateltavat työskentelevät tietomallintamisen parissa eri rooleissa. Urakoitsijan näkökulmaa edustivat mallinnus-, työ- ja työmaapäälliköt. Haastatellut tilaajan edustajat ovat olleet mukana projektinjohdossa mutta myös kehittämässä uusia tietojärjestelmiä. Tutkimuksessa haastateltiin lisäksi alan ohjelmistoyritysten ja koneohjausvalmistajien edustajia, joilla on paras tieto teknisten järjestelmien nykytilasta ja kehitysnäkymistä. Osa haastatteluista asiantuntijoista on mukana myös kansainvälisessä toi-

minnassa, joten näkemyksiä saatiin myös Suomen rajojen ulkopuolelta. Satelliittitekniologian asiantuntijaa haastateltiin vain tilannekuvan tuottamiseen liittyen, joten tässä haastattelussa ei käytetty samaa haastattelulomaketta kuin muissa haastatteluissa.

Tutkimuksessa haastatteluja tehtiin 9 kappaletta ja haastateltuja asiantuntijoita oli 11. Haastattelumateriaalia tallentui yhteensä noin 6 tuntia. Lyhyin haastattelu kesti hieman yli 20 minuuttia pisimmän kestäessä lähes puolitoista tuntia. Tarkempi tilastotieto haastatteluista on esitetty oheisessa taulukossa.

Taulukko 2. Tilasto haastatteluista.

Haastatteluiden lukumäärä	9 kpl
Haastateltuja asiantuntijoita	11 hlö
Yhteispituus	5 h 59 min 26 s
Keskiarvopituus	39 min 56 s
Lyhyin haastattelu	20 min 7 s
Pisin haastattelu	1 h 26 min 49 s

Kaikki haastattelut äänitettiin ja tarvittaessa haastattelun aikana tehtiin muistiinpanoja. Suuren tietomäärän vuoksi haastatteluja ei purettu sanatarkasti, vaan haastattelut litte- roitiin pääpiirteittäin. Tämän jälkeen haastatteluaineiston analysointi helpottui, kun ai- neisto oli purettu teema-alueittain.

4.2 Tulevaisuuden näkymät

Asiantuntijahaastatteluiden pohjalta oli mahdollista koostaa kattava yleiskuva tietomal- lintamisen tulevaisuuden näkymistä. Haastateltavien valinta voidaan nähdä onnistu- neena, sillä haastatellut asiantuntijat edustivat monipuolisesti alan eri osapuolia. Haas- tatteluiden tuloksista oli mahdollista erottaa eri osapuolten samanlaiset ja eroavat näkö- kulmat ja pohtia niiden syitä ja vaikutuksia alan kehitykseen. Haastatteluista oli selkeästi huomattavissa, että kaikki osapuolet ovat kiinnostuneita alan kehityksestä ja tavoitteena on toiminnan avoimuus.

4.2.1 Hyödyt ja haasteet

Tietomallintamisen hyödyt

Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet nähtiin hieman erilaisina haastateltavien roolin mukaan. Urakoitsijan roolissa työskentelevät näkivät suurimpina hyötyinä suunnittelurat- kaisujen toteutuksen arvioinnin etukäteen mallipohjaisesti, rakenneratkaisuiden helpom-

man hahmottamisen sekä koneohjauksen. Tietomalleja on hyödynnetty myös työn suunnittelussa, työntekijöiden perehdyttämisessä, muutosten tarkastelussa ja törmäystarkasteluissa. Vastauksissa nousi esiin myös moninkertaisen työn väheneminen tietomallintamisen avulla.

Tietomallintaminen mahdollistaa urakoitsijan työn tehostumisen, kun esimerkiksi työnaikaisten rakenteiden sopivuutta on mahdollista tutkia etukäteen tietomallissa ja mahdolliset ongelmat saadaan selvitettyä etukäteen. Työn tässä vaiheessa ongelmien ratkaisu ja mahdollisten muutosten tekeminen on huomattavasti edullisempaa verrattuna tilanteeseen, jossa ongelmat tulisivat esiin vasta valmiin rakenteen valmistuttua tai sitä rakennettaessa. Mallipohjainen tarkastelu nähtiin erityisen hyödylliseksi hankkeissa, joissa on paljon eri suunnitelmalajeja ja siten enemmän yhteensovittavaa. Tietomallit nähtiin hyödyllisiksi työn suunnittelussa ja työntekijöiden perehdytyksessä, kun työryhmä hahmottaa paremmin mitä ollaan tekemässä.

Tilajaosapuoli näki tietomallintamisen suurimpina hyötyinä koko hankkeen elinkaaren aikaisen prosessin tehostumisen ja tuottavuuden kasvun. Tiedonhallinnassa nähtiin myös suuret hyödyt, kun tiedon elinkaaren hallinta paranee ja sitä kautta koko tiedonhallinta tehostuu ja on avoimempaa. Suunnitelmien laatua on saatu myös parannettua ja mahdolliset suunnitelmavirheet minimoitua. Sen sijaan esimerkiksi koneohjauksen hyödyt eivät juurikaan nousseet esiin, ja sen merkitystä jopa hieman epäiltiin erityisesti kaupunkiympäristössä työskennellessä.

Tilajan roolissa työskentelevät asiantuntijat näkivät suunnittelun laadun parantumisen tärkeänä tekijänä. Se mahdollistaa eri ratkaisujen testaamisen jo mallissa, jolloin mahdolliset virheet saadaan esiin ja sitä kautta laadukkaampi lopputuote. Mallintamisen avulla on joissakin tapauksissa löydetty myös kokonaan uusia parempia ratkaisuja, joiden avulla on saavutettu isoja säästöjä. Kokonaisuutena tilaajat näkivät suurimmat hyödyt koko elinkaaren aikaisessa toiminnassa.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajat näkivät tietomallintamisen ennen kaikkea työvälineenä, jonka avulla on mahdollista tukea infran kokonaiselinkaarta esisuunnittelusta kunnossapitoon. Tietomallien nähtiin toimivan koko tiedonhallinnan perustana. Tietomallintaminen mahdollistaa tiedon liikkumisen sujuvasti eri ohjelmistojen ja koneiden välillä, eli tiedon käytettävyys paranee. Myös tiedon määrää on tietomallintamisen avulla mahdollista kasvattaa, mikä taas tarjoaa uusia sovelluksia käyttöön. Mallipohjaisesti tilannekuvan hahmottaminen nähtiin myös helpompana kuin pelkkien paperikuvien pohjalta, milloin työryhmällä on tarkemmin tiedossaan mitä ja miten ollaan tekemässä. Tämä

taas mahdollistaa kerralla laadukkaan lopputuotteen. Mallipohjainen toiminta mahdollistaa myös työympäristön kehittämisen niin mukavuuden kuin työturvallisuudenkin osalta.

Haastatellut esittivät haastatteluissa myös tutkimustuloksia, joiden mukaan Norjassa työmaalla tapahtuvien virheiden määrää on saatu pienemmäksi tietomallintamisen avulla. Tärkeänä osatekijänä nähtiin uudet hankintamallit ja koko elinkaaren huomioiva toiminta. Tietomallintamisen avulla saavutettavat säästöt tulevat kuitenkin pienistä puroista, joten huomiota on kiinnitettävä kokonaisuuden toimivuuteen. Haastateltujen mielestä on tärkeää myös huomioida teknologian rooli. Sen tavoitteena on kuitenkin vain kehittää osaamista ja auttaa ihmistä toimimaan paremmin. Kokonaisuutena tietomallintamisen avulla on mahdollista parantaa laatua, tarkkuutta, tietosisältöä ja tuottavuutta.

Tietomallintamisen kehitystarpeet

Suurimpina haasteina tietomallintamisessa urakoitsijat näkivät osaamispuutteet, yhteisen intressin puuttumisen sekä nimikkeistön ja tiedonhallinnan puutteellisuudet. Esimerkiksi koneohjauksen käytössä saattaa vielä olla koneenkuljettajilla osaamispuutteita, mutta kehitystä parempaan suuntaan on tapahtunut paljon lähivuosina. Osaamispuutteet saattavat johtaa inhimillisiin virheisiin myös mittaushenkilöstöllä. Urakoitsijat toivoivat eri osapuolten välistä yhteistyötä tietomallintamisessa, jolloin sitä voitaisiin paremmin hyödyntää esimerkiksi aikataulun, kustannusten ja tilannekuvan osalta. Urakoitsijalla yksin ei välttämättä ole resursseja kehittää mallipohjaista toimintaa.

Erityisesti työmailla nähtiin ongelmana, että tilaaja ei välttämättä toimita tietomalleja urakoitsijalle, milloin esimerkiksi koneohjausmallien tekeminen vaatii paljon työtä hankkeen rakentamisen aikana. Työpäällikkötasolla haasteena nähtiin informaatiotulva. Tällöin on mahdollista, että tietomallin kanssa saatetaan jäädä miettimään liikaa yksinkertaisia asioita, jotka todellisuudessa työmaalla olisi ratkaistavissa helposti. Tietomallien sisältöä tulisi myös kehittää yksinkertaisempaan ja käytettävyydeltään parempaan suuntaan. Toiveena myös oli, että mallipohjainen aineisto saataisiin määrääväksi tarjouslaskentavaiheessa, jolloin sitä pystyisi hyödyntämään laskennassa enemmän.

Tilaajaosapuoli näki suurimpina kehitystarpeina osaamisen kehittämisen, toiminnan vakioinnin ja koko elinkaaren aikaisen toiminnan kehittämisen. Nykyisin ei ole vielä aina selvyyttä, mitä tietoa rakentamisvaiheesta tulisi siirtää kunnossapitoon. Tämä saattaa aiheuttaa sekaannusta myös rakentamisen luovutusaineiston vaatimuksiin. Ohjelmistoissa esiintyy edelleen puutteita standardeihin vastaamisessa, vaikka tilaaja vaatiikin avoimien formaattien käyttöä. Joitakin laitteistohaasteita on myös esiintynyt työmaaolosuhteissa. Tilaajat korostivat vastauksissaan myös standardoinnin kehitystä koko alan yhteistyönä.

Tilaaajat kuitenkin näkivät, että tietomallintamiseen liittyvät asiat ovat parantuneet selvästi lähivuosina. Osaaminen ja tietoisuus yleisesti on parantunut, mutta kehitettävää on edelleen, että tietomallintamista voitaisiin hyödyntää laajemmin. Henkilöstöllä saattaa olla hyvin erilaisia osaamistasoja jopa saman organisaation sisällä. Jotta tietomallintamisen koko potentiaali saadaan käyttöön, toimintatavat tulisi saada ensin vakioitua. Tällöin tuotavuus kasvaa, kun resursseja ei kulu hankekohtaisten erityispiirteiden käsittelyyn.

Ohjelmistoyrityksissä nähdään, että suurimmat haasteet tietomallintamisessa ovat standardisoinnissa ja toiminnan vakioinnissa sekä osaamispuutteissa. Suomessa ei ole laajasti käsitelty mitä ja millaisessa muodossa tietoa tulee siirtää rakentamisesta kunnosapitoon. Mallipohjainen toiminta tulisi ottaa käyttöön laajemmin hankkeen eri vaiheissa, jotta sen mahdollistamat hyödyt saadaan käyttöön täysimääräisesti. Myös tiedonsiirron sujuvuudessa nähtiin puutteita ja siinä tulisi panostaa kansainväliseen yhteistyöhön. Kehityksen esteenä on muutaman vastaajan mielestä suuret ohjelmistoyritykset, jotka eivät ole mukana avoimien järjestelmien ja formaattien kehitystyössä. Yleisellä tasolla on nähtävissä, että suunnittelu- ja rakentamisorganisaatioissa tietomallintamisosaaaminen on hyvällä tasolla, mutta tilaaja- ja valvontaorganisaatioissa on enemmän osaamispuutteita.

Mallipohjaisella toiminnalla voitaisiin saavuttaa ohjelmistoyritysten mukaan jo suunnitteluvaiheessa suuret säästöt. Esimerkiksi jos suunnitelmien hyväksyntäprosessi olisi mallipohjainen ilman perinteisiä suunnitelmakuvia, suunnitteluajoja olisi mahdollista saada lyhennettyä jopa useita viikkoja. Suunnittelussa olisi myös mahdollista hyödyntää nykyistä enemmän parametrasta suunnittelua. Suunnitteluvaihetta olisi tämän myötä mahdollista nopeuttaa. Säästöt nähdään sitä suurempina, mitä aiemmassa hankevaiheessa mallipohjainen toimintatapa on otettu käyttöön. Tietomallintamiseen liittyen koulutusta tulisi järjestää erityisesti tilaaja- ja valvontaorganisaatioille. YIV:n laajempaan käyttöön tulisi panostaa, jotta vaatimukset olisivat yhdenmukaiset ja toimintaa saataisiin vakioitua. Haastateltavat näkivät myös, että on tärkeää kehittää hyvin testattuja ja toimivia menetelmiä, eri tyyppisten kokeilujen jatkuvan pilotoinnin sijaan. Yhtenä suurena kehitystarpeena nähtiin järjestelmien avoimuuden lisääminen.

Tietomallintamisen tulevaisuus

Kaikki osapuolet näkevät, että tulevaisuudessa tietomallintaminen lisääntyy ja siitä tulee yhä enemmän arkipäivää infrarakentamisessa. Urakoitsijan työmaajohdon toiveena on lisätyn todellisuuden, eli AR (augmented reality) -tekniikan sovellusten tulo työkäyttöön, mitä ovat esimerkiksi AR-lasit tai tablettitietokoneet. Työnjohdon toiveena on tulevaisuudessa myös hyödyntää yhä enemmän itsenäisesti tietomalleja työmaaolosuhteissa. Ny-

kyisin tilanne saattaa vielä olla, että vain tietomallikoordinaattorilla tai mittaushenkilöstöllä on tietomallit käytössään. Työnjohto toivoi haastatteluissa enemmän koulutusta tietomallien hyödyntämiseen ja käyttöön. Urakoitsijan edustajilla oli toiveena myös tietomallien määräävä asema tulevaisuudessa, milloin tietomallin määriin sitouduttaisiin. Tällöin niiden hyödyntäminen on paremmin mahdollista määrä- ja kustannuslaskennassa.

Tulevaisuudessa ohjelmistojen välisen toiminnan, yhtenäisen nimikkeistön ja formaatin odotetaan olevan kehittyneitä ja avoimia. Ohjeet ja vaatimukset eri hankkeissa tulisi olla yhtenäiset ja niissä tulisi huomioida nykyistä paremmin myös urakoitsijan näkökulma. Nykyisten ohjeiden ja vaatimusten kehitystyötä on tehty suurelta osin suunnitteluvaiheen näkökulmasta, mikä saattaa aiheuttaa urakoitsijalle rakentamisvaiheessa kohtuuttomat vaatimukset. Tulevaisuudessa toimintatavat tulisi joka tapauksessa olla yhtenevät ja paikallinen sopiminen olisi tällöin pienemmässä roolissa.

Tilaajien puolelta nähtiin, että tulevaisuus on tietomalleissa ja nykyinen toimintatapa häviää ajan kuluessa. Arvioiden mukaan mallipohjainen toimintatapa vakiintuu 2-5 vuodessa samaan aikaan kun tietomallit saadaan määrääviksi. Muutos ei kuitenkaan tapahdu itsestään, vaan se vaatii edelleen runsaasti työtä. Suuri muutos tapahtuu ihmisten asenteissa ja toimintatavoissa, kun esimerkiksi työmaalle lähtiessä ei enää otetakaan paperikuvia mukaan vaan pelkkä tabletti, joka mahdollistaa mallin tarkastelun. Alan nopea kehitys on kuitenkin mahdollista, sillä jo nyt historiaan katsomalla muutaman viime vuoden aikana suuriakin haasteita on ratkaistu.

Tilaajat näkevät, että suuntaus on tulevaisuudessa yhä enemmän kohti kansainvälisiä standardeja. Nykyisin jo esimerkiksi IFC-formaatti on kehittynyt huimaa tahtia infra-alalla. Joissakin Euroopan maissa tietomallintamiseen liittyviä tavoitteita on kirjattu jopa lainsäädäntöön. Suomessakin tulee huolehtia, että kehitystyö jatkuu. Näkemys on, että Suomen tulee pysyä kansainvälisen kehityksen mukana ja tarvittavat kansalliset asiat on linkitettävä kansainvälisiin standardeihin.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajat näkevät, että tietomallintamisen käyttö tulee lisääntymään ja monipuolistumaan uuden sukupolven tullessa alalle. Tulevaisuudessa tietomalleja hyödynnetään enemmän myös tarjouslaskennassa ja työsuunnittelussa, samalla kun paperikuvat häviävät hiljalleen. Tietomallintamiseen liittyvä kehitystyö jatkuu nopeana ja samalla on huomioitava kaikkien osapuolien välinen yhteistyö. Tulevaisuudessa on nähtävissä, että eri ohjelmistojen välinen toiminta tulee helpottumaan samalla kun avoimuus lisääntyy. Jatkossa myös työkoneet tulevat keskustelemaan keskenään.

Toiveissa myös muut mittausjärjestelmät ja -sovellukset pystyvät hyödyntämään samaa aineistoa kuin koneohjausjärjestelmätkin. Tällä hetkellä suljetut ekosysteemit jarruttavat

jossakin määrin alan kehitystä, mutta haastateltujen mukaan on jo nyt nähtävissä, että avoimet järjestelmät tulevat syrjäyttämään suljetut järjestelmät. On arvioitava myös, mistä lähtökohdista tietomallintamista tulee kehittää. Nykyisin Suomessa ala on kehittynyt pitkälti suunnittelun ja rakentamisen näkökulmista, kun muualla Euroopassa lähtökohta on ollut enemmän yhteiskunnan tarpeet.

4.2.2 Koneohjauksen kehittyminen

Koneohjauksen rooli tulevaisuudessa

Urakoitsijan edustajat näkevät koneohjauksen hyödyt kiistattomina. Suurissa väylähankkeissa jo nyt lähes kaikki kaivinkoneet ovat koneohjattuja, vain muutamat yksittäiset pienet koneet ovat olleet ilman koneohjauslaitteita. Koneohjauksen käytön arvioidaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Koneohjaukseen ovat myös koneiden kuljettajat olleet tyytyväisiä. Urakoitsijan näkökulmasta ei ole enää monestikaan tehokasta tehdä maansiirtoja perinteiseen tapaan, sillä työmäärä on ilman koneohjausta suurempi. Koneohjaus ei lisää ainoastaan kaivutyön tarkkuutta ja tehokkuutta, vaan vähentää myös muita työvaiheita kuten mittaushenkilöstön tekemien maastomerkintöjen tarvetta.

Haastateltavien toivomus on, että tulevaisuudessa koneohjausta voitaisiin hyödyntää yhä enemmän myös työn laadunvarmistuksessa. Kun työn laatu on mahdollista osoittaa mallipohjaisesti, miksi tarvitaan vielä perinteisiä tarkemittauksia laajassa kuvassa? Haastatteluissa tuli esiin koneohjauksen hyödyntäminen yhä enemmän myös pienemmissä hankkeissa, joissa saatetaan vielä nykyisin ajatella, että koneohjausmalleja ei kannata hankkeen pienen koon vuoksi tehdä. Koneohjauksen hyödyt nähdään tulevaisuudessa yhä suurempina, kun tietomallit parantuvat ja aineisto lisääntyy.

Tilaaajat näkevät, että koneohjaus on arkipäivää jo nyt. Koneohjausjärjestelmiä tullaan tulevaisuudessa yhä enemmän hyödyntämään myös laadunvarmistuksessa ja toteuttamallien tekemisessä. Konekannan uudistuessa ja uuden sukupolven tullessa alalle koneohjauksen rooli tulee kasvamaan entisestään. Toisaalta yksi haastateltava totesi, että koneohjaus on vain yksi tapa hyödyntää tietomalliaineistoja. Suurimmat kehitysasteet tietomallintamisessa tapahtuisivat hänen näkemyksensä mukaan tulevaisuudessa muilla osa-alueilla.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyrityksissä nähdään koneohjausteknologian nousevan yhä merkittävämpään asemaan tulevaisuudessa. Koneohjauksen urakoitsijalle tarjoamat hyödyt nähdään kiistattomiksi. Nähtävissä on, että koneohjaus tulee yhä enemmän ole-

tusarvoksi myös kaupunkien hankkeissa tietomallien ja niiden sisällön kehittyessä. Tulevaisuudessa koneohjaus tulee tukemaan yhä useampia konetyyppejä, mikä on jo naapurimaa Norjassa nähtävissä.

Osa haastatelluista kommentoivat, että kansainvälisesti katsottuna Norjassa ollaan Suomea edellä koneohjauksessa. Norjassa lähes kaikki konetyypit ovat jo tällä hetkellä koneohjattuja. Toinen suuri ero Norjan ja Suomen välillä koneohjauksen käytössä on Norjassa laajalti käytössä oleva takymetriohjaus. Siellä takymetriohjaus on pitänyt ottaa käyttöön kalliorakentamisessa, kun työskennellään satelliittipaikannuksen ulottumattomissa. Suomessa taas koneohjaus toteutetaan lähes poikkeuksetta satelliittipaikannuksen avulla tiehöyliä lukuun ottamatta.

Teknologian kehittyminen ja mahdolliset haasteet

Koneohjausteknologian ja automaation kehittymisen osalta haastateltujen asiantuntijoiden vastaukset poikkesivat toisistaan jonkin verran. Kaikki haastatellut olivat yhtä mieltä siitä, että teknologia kehittyy jatkuvasti parempaan suuntaan. Mutta keskusteltaessa esimerkiksi automaation ja robotiikan käyttöönotosta, haastatellut näkivät laajamittaisen käyttöönoton haasteet ja mahdollisuudet hieman eri tavoin. Kysyttäessä ilman kuljettajaa toimivien kaivinkoneiden tulemisesta työkäyttöön, haastateltujen vastaukset vaihtelivat lähivuosista jopa 30 vuoteen.

Urakoitsijan edustajat näkivät eroavaisuuksia kone- ja ohjelmistotoimittajien ja työmaahenkilöstön, kuten työnjohtajien ja koneenkuljettajien käsityksissä automaatiosta. Osa haastatelluista näkee, että yksinkertainen massakaivu automaation avulla voisi onnistuakin, mutta käytännössä aina haasteena on ympäristön muuttujat, kuten putket, kaapelit ja maalajirajat, joita ei etukäteen välttämättä ole kartoitettu. Automaation haasteena nähdään myös lainsäädäntö, tiedonsiirtoyhteydet ja työturvallisuus. Haastatellut olivat kuitenkin kiinnostuneita ja tietoisia robotisaation kehityksestä ja kokeiluista.

Toisaalta urakoitsijat näkevät koneenkuljettajan roolin pienenemisen puoliautomaattisten ja automaattisten toimintojen kehittyessä, jotka kuitenkin edellyttävät kuljettajan läsnäoloa. Esimerkkejä tästä on nähtävissä esimerkiksi kalliorakentamisessa, jossa porajumbot ovat pitkälti automatisoituja ja tiehöylissä, joissa koneen terää voidaan ohjata automaattisesti. Mahdollisena riskinä nähdään myös koneenkuljettajien ammattitaidon heikkeneminen. Jos kuljettajat oppivat työskentelemään vain teknologian avustamana, miten käy, jos teknologiaa ei jostain syystä olekaan käytettävissä?

Tilaaosapuolen vastaukset poikkesivat myös toisistaan melko paljon. Osittain samat haasteet nousivat esiin kuin urakoitsijoidenkin vastauksissa, kuten automaation laajamittainen käyttöönotto esimerkiksi kaupunkiympäristössä, jossa muuttujia on enemmän

kuin neitseellisessä maaperässä. Muita automaation haasteita tilaajat näkivät konservatiivissa asenteissa, muutosjohtamisessa ja turvallisuudessa. Vastaajien näkemykset ilman kuljettajaa toimivan automaation käyttöönoton aikataulusta poikkesivat myös suuresti lähivuosista useisiin kymmeneen vuosiin.

Yksi vastaajista korosti volyyymien ja hyötyjen tarkkaa huomioimista. Automaation käyttöönotto ei ole taloudellista, mikäli teknologia ei säästä kuljettajan palkkaa. Toinen vastaajista näkee automaatioteknologiassa suuret mahdollisuudet tulevaisuudessa. Kuitenkin jotta teknologiaa voidaan hyödyntää täysimittaisesti, tietomalliaineiston tulee ensin olla avointa ja vakioitua. Vastaaja näki myös työmaat hyvänä ympäristönä automaation kehittämiselle ja käyttöönotolle, sillä ne ovat usein suljetumpia alueita kuin yleinen liikenne. Yleinen näkemys haastatelluilla oli, että riskit on oltava hallinnassa ennen uuden teknologian käyttöönottoa.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyrityksissä tietoisuus automaation kehityksestä ja nykytilasta oli odotetusti parhaalla tasolla. Kaikki haastatellut eivät kuitenkaan olleet samaa mieltä kehityksen suunnasta. Yleinen näkemys oli, että automaatioteknologia on kehittynyt tasolle, jossa sen hyödyntäminen olisi jo mahdollista laajamittaisesti viimeistään lähivuosina. Tuottavuushyötyä teknologia ei kuitenkaan välttämättä vielä silloin mahdollista. Muita kehityksen esteitä haastatellut näkivät lainsäädännössä, työturvallisuudessa ja myös Suomen erityisolosuhteissa, kuten maaperän vaihtelevuudessa ja talvisin rouhassa. Toisaalta yksi asiantuntija oli sitä mieltä, että kone voi toimia jopa ihmistä paremmin sensoriteknologian kehittyessä. Kaivinkone nähtiin vaikeimpana automatisoitavana työkoneena, joten odotettavissa on, että höylät, jyrät ja puskukoneet, eli maan muotoiluun käytettävät työkonet tullaan automatisoimaan ensin.

Teknologia mahdollistaa haastateltujen mukaan kuitenkin jo nyt automaation hyödyntämisen kuljettajan apuvälineenä. Esimerkiksi koneiden ympärillä olevaa liikennettä on mahdollista havainnoida kamera- ja tutkateknologian avulla. Markkinoilla on myös jo nykyisin puoliautomaattisia järjestelmiä, jotka ohjaavat esimerkiksi kaivinkoneen puomistoa kuljettajan valvonnassa. Laajalti työkäyttöön järjestelmä ei vielä kuitenkaan ole tullut, sillä kyseessä on OEM (original equipment manufacturer) -tuote, eli järjestelmä myydään osana uutta konetta ja sen jälkiasentaminen ei ole käytännössä kannattavaa. Euroopassa on yleisesti nähtävissä kuljettajien vastarintaa uutta teknologiaa kohtaan, kun taas Aasiassa alalla on suuri halukkuus uuden teknologian käyttöön. Autonomisen koneen kehittämiseen tarvittava työmäärä nähtiin myös suurena, sillä koneoppiminen vaatii huomattavia määriä toistoja.

Sen sijaan etäohjaus jakoi haastateltujen mielipiteitä. Osa haastatelluista näki etäohjauksen hyödyt suurina. Etäohjaus mahdollistaisi esimerkiksi ympärivuorokautisen työskentelyn ilman yötöiden tekemistä, mikäli koneenkuljettajat olisivat eri aikavyöhykkeiltä ympäri maailmaa. Toinen haastateltu näki etäohjauksen ainoastaan automaation välivaiheena, mille ei juurikaan ole perinteisessä maanrakentamisessa käyttöä. Etäohjatun koneen työteho on hänen mukaansa merkittävästi pienempi kuin fyysisesti paikalla olevan kuljettajan. Etäohjauksen edut nähtiin kuitenkin yleisesti esimerkiksi kriisialueilla työskenneltäessä, jolloin kuljettajan läsnäolo ei ole mahdollista turvallisuuden vuoksi. Etäohjauksista on käytetty esimerkiksi Japanissa katastrofialueilla.

4.2.3 Tilannekuvan hyödyntäminen

Reaaliaikaisen tilannekuvan mahdollisuudet

Haastateltujen asiantuntijoiden näkemykset tilannekuvan hyödyntämisestä vaihtelivat jonkin verran. Haastatellut urakoitsijan edustajat eivät nähneet juurikaan tarpeelliseksi reaaliaikaista tilannekuvaa tarjoavia järjestelmiä tai sovelluksia. Vastauksista ilmeni, että esimerkiksi työmaahenkilöstö kokee saavansa riittävän tilannetiedon perinteisesti työmaakierrosten pohjalta. Vastauksissa nousi myös esiin, että varsinkin kompakteissa hankkeissa työmaahenkilöstö tietää kyllä työmaatilanteen ilman erillisiä sovelluksia, eikä niiden käyttöön tällöin ole kiinnostusta. Tilannekuvaa tarjoavien sovellusten esteinä nähtiin myös hinnoittelu, raportoinnin manuaalinen toteutus ja infrahankkeiden moninaisuus.

Yksi haastateltu totesi, että esimerkiksi massansiirtojen seurantaan tarkoitettut sovellukset saattaisivat nykyisellään toimia kaivoksissa tai muissa yksinkertaisemmissa kohteissa, mutta ei vaihtelevissa ja moninaisissa infrahankkeissa. Haasteena on muun muassa maanleikkaus- ja pengerryspaikkojen suuri määrä. Vastauksissa nousi myös esiin, että usein tilannehuone-tyyppiset ratkaisut palvelevat lähinnä tilaajan projektinjohtoa. Sen sijaan erityisesti urakoitsijan työmaahenkilöstöllä oli toiveena saada toimivia ratkaisuja tietomallien käsittelyyn työmaaolosuhteissa. Tällöin mallien tarkastelu onnistuisi paikan päällä työkohteessa, mikä taas helpottaa esimerkiksi valmiin rakenteen hahmottamista. Monesti vielä nykyisin käytössä on ollut vain paperikuvia ja mahdollisia mittatarkastuksia on tehty koneohjauksen tai mittamiehen avustamana.

Tilaajan edustajat sen sijaan näkevät reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyt tärkeinä. Tietojärjestelmiä kehitettäessä kuten nyt esimerkiksi Vantaan kaupungin MATTI-hankkeessa yksi päätavoitteista on juuri tilannekuvan hahmottaminen. Nykyiset tietojärjestelmät eivät reaaliaikaista toimintaa mahdollista. Kun projektihenkilöstöllä on reaaliaikainen tilanne-

kuva, on tiedossa hankkeen nykytila ja pystytään tekemään tarvittaessa perusteltuja korjausliikkeitä. Yksi haastateltu näkee tulevaisuudessa tilannekuvanäytöt yhä tärkeämpänä projektinjohdon työvälineenä.

Haastatellut tilaajat korostavat myös suunnittelun reaaliaikaisen seurannan merkitystä työmaiden seurannan ohella. Ideaalitilanteessa tilaajalla olisi tällöin ajantasainen tieto suunnittelun edistymisestä ja näin paremmat vaikutusmahdollisuudet. Yleinen haastateltujen näkemys on, että tilannekuvan ylläpitäminen ei ole esimerkiksi vain urakoitsijan oma asia, vaan se auttaa kaikkia hankkeen osapuolia, mikäli tiedonhallinta on avointa ja läpinäkyvää. Tilannekuvan tarjoamat mahdollisuudet tulevat arvioiden mukaan lisääntymään ja tilannekuvan hyödyntäminen yleistyy tulevaisuudessa.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajat korostavat reaaliaikaisen tilannekuvan merkitystä päätöksenteon edellytyksenä. Ohjelmistoyritykset ovat kehittäneet sovelluksia tilannekuvan seuraamiseen niin työnjohdon kuin tilaajienkin käyttöön. Esimerkiksi Infrakit mahdollistaa valokuvien, mittausten, koneiden ja dokumenttien yhdistämisen samaan paikkaan ja Trimblen TILOS tarjoaa projektinhallintaan työvälineitä mm. aikataulun ja kustannusten seurantaan. Sovellukset eivät kuitenkaan itsessään tuota aineistoa, vaan käytössä on oltava mittausmenetelmiä, jotka mahdollistavat kattavan tilannekuvan tuottamisen. Tärkeää tällöin on esimerkiksi avoimet tiedonsiirtoformaatit.

Yksi haastatelluista näkee, että reaaliaikainen tilannekuva mahdollistaa prosessin ja laadun parantamisen ja sitä kautta myös tuottavuus paranee. Analysointi ja ohjaaminen tilannekuvan pohjalta johtaa parhaimmillaan jatkuvan parantamisen malliin. Hyvän tilannekuvan perusteella on myös helpompi ymmärtää asioiden välisiä suhteita. Vastausten mukaan reaaliaikaisen tilannekuvan tuottamisessa on tarpeellista käyttää monipuolisia mittausmenetelmiä, jotka ovat läpinäkyviä kaikille osapuolille. Tilannekuva-sovellusten hyötynä nähdään myös, että työ ei ole enää niin paikkaan sidonnaista. Mikäli tilannekuvaa tarjoavat sovellukset ovat riittävän kattavia, mittaushenkilöstön rooli tiedon välityksessä pienenee.

Satelliittiteknologian asiantuntija ei ollut juurikaan ollut tekemisissä rakentamisen kanssa, vaan haastattelussa keskityttiin enemmän satelliittiteknologian mahdollisuuksiin ja haasteisiin tilannekuvan tuottamisessa yleensä. Haastatellun mukaan satelliitteja ei juurikaan ole hyödynnetty paikannusta lukuun ottamatta infra-alalla, vaikka satelliiteilla voisi olla suuri potentiaali. Satelliitit kuvaavat saman alueen noin kaksi kertaa päivässä ja kuva-alat voivat olla jopa 100x100 km. Vaihtoehtoisilla menetelmillä vastaavan kattavuuden saavuttaminen on haastavaa, jopa mahdotonta. Tällä hetkellä satelliittiala on murroksessa, sillä alalle on tullut paljon uusia kaupallisia toimijoita ja piensatelliitteja,

jotka voivat olla vain muutaman kilon painoisia. Satelliitteja on hyödynnetty esimerkiksi öljypäästöjen havainnointiin ja Välimerellä siirtolaisveneiden seurantaan. Toiminnot ovat olleet pitkälti automatisoituja.

Haastatellun mukaan satelliittiteknologian haasteena on kuitenkin heikko resoluutio, sillä satelliitit kuvaavat maanpintaa suuren etäisyyden päästä. Merkittävää kehitystä resoluution suhteen ei haastatellun mukaan ole näköpiirissä, sillä jo fysiikan lait estävät sen. Haastateltu näkee satelliittikuvissa ja muussa satelliittidatassa potentiaalia yhdessä muiden mittauksen tai aineiston kanssa. Tällöin datan laatua on mahdollista parantaa esimerkiksi varjojen ja elevaatiomallien avulla, mutta satelliittiaineistoa on mahdollista myös yhdistää esimerkiksi droneilla kuvatun aineiston kanssa tekoälyn avulla. Näin satelliittien laaja-alaista aineistoa saadaan tarkennettua tarvittaessa tarkemman, mutta pienemmän mittakaavan dronekuvauksilla. Raakadatan käsittelyyn on myös kehitetty erilaisia sovelluksia, kuten Euroopan komission DIAS, joka mahdollistaa datan tehokkaamman hyödyntämisen.

Henkilökohtaiset kokemukset tilannekuvan hyödyntämisestä

Haastateltujen asiantuntijoiden kokemukset tilannekuvan hyödyntämisestä olivat hyvin vaihtelevia. Osa haastatelluista ei ollut käyttänyt lainkaan esimerkiksi tilannekuvasovelluksia, kun taas osa vastaajista on ollut itse kehittämässä tilannekuvaa tarjoavia järjestelmiä. Urakoitsijoiden keskinäisissä vastauksissa esiintyi myös suurta hajontaa. Yhdellä vastaajalla ei ollut lainkaan henkilökohtaista kokemusta tilannekuvan hyödyntämisestä sovellusten avulla, vaan työmaatilannetta on seurattu työmaakierrosten pohjalta. Muilla vastaajilla oli jonkin verran kokemusta tilannekuvan hyödyntämisestä.

Hankkeessa tilannehuonetta on saattanut ylläpitää tilaaja, minne raportoidaan kerran viikossa toteutuneet määrät ja kerran kuukaudessa laajempi raportti työtilanteesta. Tilaa jalle raportoinnin lisäksi hankkeen tietomalliin on merkitty valmiit rakenteet omaa käyttöä varten. Haastatellun asiantuntijan työmaalla ei kuitenkaan ole ollut käytössä erillistä omaa tilannekuvaa tarjoavaa järjestelmää. Massansiirtosovelluksia ei ole vielä hyödynnetty vastaajien hankkeissa, mutta niitä tullaan todennäköisesti kokeilemaan. Sen sijaan dronekuvauksia on hyödynnetty niin rakentamisen aikana kuin laadunvarmistuksessa. Joskus droneja on käytetty vain videokuvaamiseen työtilanteen yleiseen seurantaan, mutta myös massamääriä on seurattu droneaineiston pohjalta. Yleensä aineistona on ollut vain valokuvien pohjalta tuotettu maastomalli, mutta yksittäisiä kertoja käytössä on ollut myös laserskanneri. Dronekuvauksista haastatelluilla oli hyviä kokemuksia.

Myös tilaajaosapuolen haastatteluissa tuli esiin heidän erilaiset kokemuksensa tilannekuvan hyödyntämisestä. Yksi haastateltu tilaaja on mukana tietojärjestelmän kehityshankkeessa, josta ei vielä ole kertynyt käyttökokemuksia. Hänen aiemman kokemuksensa mukaan tarvitaan suuri määrä eri ohjelmistoja asioiden sujuvaan hoitamiseen, mutta juuri tähän ongelmaan uudessa kehityshankkeessa on tarkoitus panostaa. Hankkeen tavoitteena on, että yhdestä paikasta olisi jatkossa saatavissa kaikki tarvittava tieto. Tämä on tärkeää myös tilannekuvan näkökulmasta, kun tietoa ei itse tarvitse keräillä ja koostaa useasta eri lähteestä.

Toinen haastateltu tilaaja on myös mukana tietojärjestelmäkehityshankkeessa, mikä ei ole vielä tullut käyttöön. Hänellä oli kuitenkin hyviä kokemuksia Infrakitistä useista eri hankkeista. Kyseinen järjestelmä on ollut laajalti käytössä ja sen käytöstä on pidetty myös tilannekuvan näkökulmasta. Hänen mielestään ei kuitenkaan kannata sitoutua vain yhteen järjestelmään, sillä ohjelmistot ovat jatkuvassa muutostilassa ja kehityksen mukana on tärkeää pysyä. Monesti hankkeissa projektipäälliköiden omat mieltymykset kuitenkin vaikuttavat käytettävien ohjelmistojen valintaan.

Haastatelluilla koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajilla oli kaikilla kokemuksia omista järjestelmistään, jotka ainakin jossain määrin jakavat tilannekuvaa. Kokemuksia oli niin massansiirron seuraamisesta, vedenalaisten töiden seurannasta keilaamalla kuin projektinhallintajärjestelmistäkin. Haastateltujen mukaan erityisesti vedenalaisten töiden seurannan avulla on pystytty välttämään useita riitatilanteita, kun työtilanteen pystyy selvittämään läpinäkyvästi ja tarkemmin. Projektinhallintaohjelmistoja on haastateltujen mukaan mahdollista laajentaa lähes rajattomasti. Kokemuksia oli esimerkiksi kaivinkonevaakojen yhdistämisestä järjestelmään, mikä mahdollistaa tarkan massaseurannan.

Ohjelmistoyritysten edustajat myöntävät puutteena rajoitetun käytettävyyden, mikäli ohjelmistot eivät toimi avoimesti ja avoimilla formaateilla. Monesti työmailla on kuitenkin esimerkiksi käytössä usean eri valmistajan laitteistoja, eikä pääurakoitsija niihin useinkaan voi käytännössä vaikuttaa. Haasteita on ollut kokemusten mukaan myös avoimeksi tarkoitettujen ohjelmistojen kanssa, mutta pääosin ne on saatu ratkaistua. Yksi yhteinen alusta laajan tietomäärän käsittelyyn on kuitenkin yksinkertaisin ja tehokkain tapa toimia. Yleinen näkemys haastatelluilla oli, että alan suuntaus on kohti avointa toimintatapaa.

4.2.4 Tiedonhallinnan muutokset

Avoimien rajapintojen kehittyminen

Kaikki haastatellut asiantuntijat olivat samaa mieltä tiedonhallinnan tulevaisuudesta, että suuntaus tulisi olla kohti avoimia järjestelmiä. Alan kehittämisessä on kuitenkin vastauksen perusteella haasteita. Haastatellut urakoitsijan edustajat totesivat, että ohjelmistojen keskinäinen kommunikointi on tärkeää jokapäiväisessä toiminnassa. Jotta tämä olisi mahdollista, avoimien tiedonsiirtoformaattien käyttö on tarpeen. Alalla on haastateltujen mukaan jo nyt nähtävissä suuntaus kohti avoimia järjestelmiä, mutta panostuksista huolimatta jo olemassa olevia avoimia formaatteja ei ole hyödynnetty parhaalla mahdollisella tavalla.

Tietomallien kanssa päivittäin työskentelevä vastaaja totesi, että vaikka aineiston pitäisi olla esimerkiksi Inframodel-formaatissa, aina se ei sitä kuitenkaan todellisuudessa ole. Puutteita saattaa esiintyä esimerkiksi tietomallin taiteviivoissa. Suunnitteluaineisto ei siis vastaa aina vaatimuksia, johon tilaajan pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Käytännön toiminnassa työmailla on myös esiintynyt joitakin ongelmia tiedonsiirrossa, ja tietoja on saattanut hävitä. Haasteita on ollut esimerkiksi koneohjauksella otettujen toteumamittausten käsittelyssä.

Tilaajaosapuolen mukaan alalla on herätty viime aikoina avoimien formaattien ja tiedonhallinnan sekä standardoinnin hyötyihin. Yksi haastateltu totesi, että tilaajan tulee vaatia entistä rohkeammin avoimien formaattien käyttöä, jotta toimintamallit todella muuttuvat ja tiedon hyödyntäminen jatkossa helpottuu. Nykyisin tietosisältö saattaa olla vielä suljetussa formaatissa kiinni, mikä on haaste, jos tietoa ei saa siirrettyä avoimeen tiedonsiirtoformaattiin. Haastatellun tilaajan mukaan heidän tulisi keskittyä nykyistä tarkemmin lopputuotteen laadunvarmistukseen suunnittelun osalta, jotta se vastaisi tarjouspyynnön vaatimuksia. Mikäli vaatimuksista jatkuvasti luistetaan, se hidastaa alan kehitystä.

Alan kehittymisen haasteena haastatellut näkevät sen, että yrityksillä ei ole intressiä kehittää avoimia järjestelmiä. Ohjelmistoyritysten on kannattanut kehittää omia suljettuja järjestelmiään, koska näin he saavat asiakkaita sitoutumaan vain heidän tuotteisiinsa. Alaa on kuitenkin ollut kehittämässä kansainvälisesti buildingSMART-yhteistyöfoorumi. Nyt toimintatavoissa onkin nähtävissä muutoksia ja ohjelmistoyritykset saattavatkin jäädä kehityksen jalkoihin, mikäli heidän järjestelmänsä eivät ole avoimia. Tällä hetkellä kehitysvaiheessa oleva Vantaan MATTI-tiedonhallintajärjestelmä on tietyn organisaation sisäinen järjestelmä, mutta tavoitteena on, että se vastaa Suomen ja kansainvälisenkin tason ohjeita ja vaatimuksia. Tällöin järjestelmää on mahdollista kehittää kansainvälisen

kehityksen mukana, mikä mahdollistaa synergiaetuja. Kyseisen hankkeen rajapintoja ei ole vielä määritetty.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyrityksissä nähdään myös avoimen toiminnan edut. Vastauksissa nousee myös esiin, kuinka ohjelmistotoimittajien on tuettava käytössä olevia formaatteja, jotka tilaajat pitkälti määrittävät. Yksi haastateltu toteaa, että tulevaisuudessa toimivien järjestelmien kehittämisessä on tärkeää, että kokonaisuus toimii. Tällöin ei ole välttämättä tarvetta valita vain yhtä järjestelmää tai formaattia, mikäli toiminta on avointa. Toinen haastateltu toteaa, että olisi hyvin erikoista, jos infra-alalla jäätäisiin käyttämään suljettuja järjestelmiä samaan aikaan kun muu maailma muuttuu yhä enemmän avoimeksi ja globaaliksi. Kaikki haastatellut näkevät tulevaisuuden tavoitteena ohjelmistoriippumattomat ja esteettömät standardit.

Tämän ryhmän haastateltavat ottivat kantaa enemmän myös formaattien kehitykseen. Yksi haastateltu totesi, että Inframodel ei tulevaisuudessa välttämättä toimi sellaisenaan. Sen sijaan tulisi panostaa kansainvälisten formaattien käyttöön, kuten IFC ja LandXML, joihin voidaan tarvittaessa tehdä kansallisia lisäyksiä. Vastaaja näkee myös InfraGML (Infra Geographic Markup Language) -formaattissa mahdollisuuksia. Hänen mukaansa mikään formaatti ei kuitenkaan ratkaise kaikkia ongelmia, vaan standardit vaativat jatkuvaa kehitystyötä, jota pitäisi tehdä yhteistyössä eri toimijoiden kesken.

Toinen haastateltu sen sijaan näkee myös Inframodel-formaatin käytön tulevaisuudessa. Inframodel-formaattiin on mahdollista tulevaisuudessa ottaa esimerkiksi IFC-formaatin parhaita ominaisuuksia, jolloin tiedostokoot pysyvät vielä hallinnassa. Nykyisin IFC Infra on laaja ja todella raskas formaatti, mikä on haaste ohjelmistoille. IFC Infraa eivät yleisesti käytössä olevat ohjelmistot tällä hetkellä pysty hyödyntämään kokonaisuudessaan, vaan ainoastaan joitakin osia siitä. IFC-tiedostojen koko on jopa moninkertainen esimerkiksi Inframodel-formaattiin verrattuna. Inframodel-formaatin etuina haastateltu näkee myös sen, että sitä on kehitetty Suomessa paikallisten tarpeiden mukaan. Haastateltu ei kuitenkaan poissulje esimerkiksi InfraGML:n käyttöä, mistä on Norjassa kehitetty omaa kansallista versiota. Tärkeää tiedonhallinnassa on, että tietovarastot pystyvät keskustelemaan keskenään formaateista riippumatta.

Lopputuotteen vaatimukset

Lopputuotteen vaatimusten, urakoitsijan osalta käytännössä luovutusaineiston osalta, haastateltujen vastaukset vaihtelivat hieman. Työmaapäällikkö toteaa, että luovutusaineiston kokoamisessa ei ole ollut ongelmia. Edellisessä valmistuneessa hankkeessa luovutusaineistoa työstettiin yhteistyössä tilaajan kanssa käytännössä jo hankkeen

alusta lähtien. Toteumamittauksissa hankkeessa oli käytetty niin koneohjauksella tuotettuja kuin mittamiehenkin ottamia tarkkeita. Tilaaja oli myös hyväksynyt dronella tuotetun maastomallin osana luovutusaineistoa. Myös haastatellun työpäällikön mukaan luovutusaineiston suhteen on menty parempaan suuntaan. Paperisista luovutuskansioista on päästy jo usein eroon ja aineisto luovutetaan sähköisenä. Toiveena tulevaisuutta ajatellen on kuitenkin, että ylimääräisen raportoinnin määrää saataisiin vähennettyä ja pelkkä raakadata riittäisi tilaajalle. Haastatellun työpäällikön hankkeissa ei ole hyödynnetty droneja tai laserkeilaimia, toteumat on otettu perinteisesti takymetrillä.

Mallinnuksesta vastaavan asiantuntijan mielestä nykyinen ohjeistus on monesti sekavaa. Laadunvarmistuksessa käytännöt vaihtelevat paljon hankekohtaisesti, ja toimintatavat riippuvat tilaajan ja valvontaorganisaation henkilöstöstä. Esimerkiksi laserkeilaus käy laadunvarmistusmenetelmäksi joissakin hankkeissa, mutta usein perinteisiä tarkemittauksia vaaditaan vielä lisäksi. Mallipohjainen laadunvarmistus tulisi vakiintua vastaajan mielestä yleiseksi toimintatavaksi. Nykyisin käytännöt ovat jatkuvassa muutostilassa ja toiveena on, että tulevaisuudessa toimintatavat vakiintuisivat. Alan ohjeista ja vaatimuksista huolimatta laadunvarmistuksesta sovitaan vielä paljon hankekohtaisesti, sillä ohjeet ja vaatimukset eivät huomioi riittävästi rakentamisen näkökulmaa.

Tilaajaosapuolen haastatteluista selviää, että lopputuotteen vaatimuksiin on odotettavissa merkittäviä muutoksia. Yhden haastatellun mukaan tulevaisuutta ajatellen on pohdittava, millaista aineistoa myöhemmissä hankevaiheissa tarvitaan. Nykyiset suunnittelun ja rakentamisen mallit sisältävät jopa liikaa tietoa kunnossapidon tarpeisiin. Hänen mukaansa tulee kuitenkin muistaa, että esimerkiksi katualueet eivät ole staattisessa tilassa, vaan ne muuttuvat tiheään tahtiin. Tämän vuoksi ei ole kannattavaa ylläpitää turhaa aineistoa kunnossapidossa, vaan ainoastaan tarpeellinen tieto. Haastateltu näkee, että perinteiset tarkemittaukset ovat häviämässä ja mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta tulee vallitseva toimintatapa viiden vuoden sisällä. Tietomäärän lisääntyminen on yksi suuri etu tietomallintamisessa.

Toinen haastateltu tilaaja näkee kaksi isoa muutosta tulevaisuudessa Väylän hankkeissa. Väylän Velho-järjestelmään halutaan tulevaisuudessa suunnittelun ja rakentamisen tieto yhdellä tapaa. Velho tulee tulevaisuudessa sisältämään kaiken aineiston, joka tilaajalle on luovutettava ja josta on jatkokäyttöä ajatellen hyötyä. Hanke on vuonna 2020 käyttöönottovaiheessa. Samalla halutaan tarkentaa myös luovutusaineiston tietosisällön vaatimuksia. Lähiaikoina Väylältä on tulossa urakan laaturaportoinnin ohjeen uudistettu versio. Tämän tarkoituksena on huomioida entistä paremmin mallipohjainen laadunvarmistus ja nykyaikainen työtapo. Edellinen ohje on vuodelta 2009, mikä ei vielä mallipohjaista laadunvarmistusta juurikaan mahdollista. Ohjeen päivittämisessä ajatuksena on,

että jos laatu on mahdollista osoittaa mallipohjaisesti se riittää. Mallipohjaisessa laadunvarmistuksessa on kuitenkin varmistettava tietosisällön läpinäkyvyys ja oikeellisuus.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajat näkevät, että tällä hetkellä mallipohjainen laadunvarmistus on välivaiheessa, mutta tulevaisuudessa se on todennäköisesti hyväksytty ja yleinen tapa toimia. Kahden vastaajan mielestä on tärkeää panostaa tilaaja- ja valvontaorganisaatioiden koulutukseen, jotta ymmärrys aiheesta lisääntyy. Mallipohjaisen laadunvarmistuksen käyttöönottoa hidastaa haastateltujen mukaan jossain määrin suljetut laitetoimittajien järjestelmät, kun tieto ei ole hyödynnettävissä avoimissa järjestelmissä.

Yhden haastatellun asiantuntijan toiveena on, että laadunvarmistusta koskevat vaatimukset päivittyisivät. Haastatellun mukaan nykyisen menettelyn toleranssirajat ovat vanhentuneita eivätkä vastaa nykypäivän teknologiaa. Toiveena on, että rakenteen toimivuus olisi mahdollista osoittaa jollakin muulla tapaa, kuin tiukat toleranssirajat täyttämällä. Oleellisempaa olisi vastaajan mielestä mitata rakenteen kokonaistoimivuutta kuin yksittäistä rakenneosaa. Rakenteen kokonaistoimivuutta voisi olla mahdollista simuloida esimerkiksi mallipohjaisesti. Tällöin olisi mahdollista hyväksyä hieman epätarkempiakin mittaustapoja, jos on osoitettavissa, että lopputuote kuitenkin vastaa vaatimuksia. Toiminnassa tulisi haastatellun mukaan pyrkiä läpinäkyvään laadunvarmistusprosessiin, jolla saavutetaan tilaajan luottamus. Läpinäkyvyyttä olisi mahdollista saavuttaa esimerkiksi jaettua projektinhallintajärjestelmää käyttämällä, mihin hankkeen eri osapuolilla on ainakin katseluoikeus. Mallipohjaisen laadunvarmistusprosessin luotettavuutta on tarvittaessa seurattava referenssimittauksilla.

4.2.5 Ohjelmistojen kehittyminen

Ohjelmistojen kehityssuunnat

Ohjelmistoja koskevissa kysymyksissä nousi esiin haastateltujen erilaiset osaamistasot. Kaksi kolmesta urakoitsijan edustajasta eivät juuri olleet käyttäneet tietomallintamiseen liittyviä ohjelmistoja, eikä heillä näin ollut juurikaan näkemyksiä ohjelmistojen kehityksestä. Sen sijaan kaikki haastatellut tilaajan sekä koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten edustajat olivat työskennelleet ohjelmistojen parissa ainakin jonkin verran. Haastatellut urakoitsijat, joilla ei juuri ollut kokemusta ohjelmistoista, totesivat kuitenkin, että työmaakäyttöön tarkoitettujen ohjelmistojen tulisi olla riittävän yksinkertaisia. Heidän näkemyksensä myös oli, että tilaajilla on ollut halu lisätä eri ohjelmistojen käyttöä. Vähäisistä kokemuksista huolimatta heillä oli kuitenkin kiinnostus uuden teknologian ja ohjelmistojen hyödyntämiseen.

Urakoitsijan mallinnuspäällikön näkemyksen mukaan ohjelmistot ovat olleet viime aikoina jatkuvassa muutostilassa. Tähän ovat vaikuttaneet muun muassa formaattipäivitykset ja tietomallintamisen yleinen kehitys. Ohjelmistoissa on haastatellun mukaan nähtävissä suuntaus yhä enemmän kohti avointa tiedonsiirtoa, mutta monesti nykyisin käytännön työssä on kuitenkin vielä käytettävä natiiviformaatteja. Ohjelmistojen hinnoittelu nähtiin myös joissakin vastauksissa haasteena.

Yhden haastatellun tilaajan mukaan ohjelmistojen tulisi jatkossa hallita paremmin kokonaisuuksia. Samoilla ohjelmistoilla tulisi tulevaisuudessa pystyä toimimaan suunnittelusta kunnossapitoon, milloin myös yhteensopivuusongelmat pitäisi vähentyä. Ohjelmistot tulisi kuitenkin samalla pitää mahdollisimman kevyinä ja yksinkertaisina. Haastatellun näkemyksen mukaan yleinen suuntaus alalla on kohti avointa toimintatapaa. Vantaan MATTI-tiedonhallintajärjestelmässä tavoitteena on älykäs 3D-kaupunkimalli, joka on yksi ja ainoa paikka, jossa tietoa säilytetään. Järjestelmästä on tarkoitus tehdä osittain avoin, jolloin myös kuntalaisilla on mahdollisuus tarkastella tiettyä sisältöä. Tavoitteena on, että järjestelmä toimisi myös rakentamisen aikaisena projektipankkina. Hankkeiden toteutuksen kannalta olisi paras, jos ohjelmisto toimisi reaaliaikaisesti. Tällöin aineistoa olisi mahdollista hyödyntää myös reaaliaikaisen tilannekuvan näkökulmasta. Tällä hetkellä hanke on vielä kehitysvaiheessa.

Toisen haastatellun tilaajan mukaan avoimien formaattien käyttö lisääntyy ohjelmistoissa jatkuvasti. Tämä kehittää tietomallintamista yleisesti avoimempaan suuntaan. Avoimen toimintatavan ansiosta aiemmat haasteet, kuten laite- ja ohjelmistoriippuvuus, poistuvat. Ohjelmistoissa on nähtävissä myös automaation lisääntymistä. Tämä mahdollistaa esimerkiksi uudet suunnittelutekniikat, kuten parametrisen suunnittelun siltasuunnittelussa. Haastateltu toivoi lisäksi pilvityöskentelyn mahdollistumista. Tällöin toimintaa saadaan reaaliaikaisemmaksi ja esimerkiksi samaa tietomallia on mahdollista muokata samaan aikaan monessa eri paikassa.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyritysten haastatellut asiantuntijat nostivat esiin hieman eri asioita ohjelmistojen kehityssuunnista. Yhdessä yrityksessä tärkeinä tekijöinä nähtiin ohjelmistojen reaaliaikainen toiminta ja laaja kattavuus. Reaaliaikainen toiminta mahdollistaa jo aiemmin mainitun eri käyttäjien mahdollisuuden käyttää aineistoa samanaikaisesti ja ohjelmiston hyödyntämisen reaaliaikaisen tilannekuvan kannalta. Laaja kattavuus mahdollistaa esimerkiksi älykkäät kaupunkimallit, eli niin kutsutut digitaaliset kaksoset. Ne mahdollistavat esimerkiksi muutossimuloinnin kaupunkiympäristössä. Markkinoille on tullut hiljattain myös lisätyn todellisuuden AR-tekniikkaa hyödyntävä ohjelmisto, Trimblen SiteVision. Järjestelmä toimii älypuhelimien näytöllä hyödyntäen GNSS-paikannusta ja

puhelimien kameraa. Sovellus näyttää esimerkiksi tulevat rakenteet työmaalla puhelimen kamerakuvaan lisättynä. Esimerkkikuva ohessa SiteVisionin käytöstä.



Kuva 15. Trimblen SiteVision hyödyntää AR-tekniikkaa. (Geotrim 2020)

Kaksi muuta haastateltua näkevät avoimuuden tärkeimpänä tekijänä tulevaisuudessa. Haastatellut näkevät, että ohjelmistot olisi yleensä mahdollista saada toimimaan yhdessä ja avoimesti, jos tähän vain olisi halua. Haasteena he näkevät suuret ohjelmistotoimittajat. Yhden haastatellun näkemyksen mukaan tilaajaorganisaatioiden olisi tiukennettava vaatimuksiaan, jotta muutoksia saataisiin aikaan avoimien formaattien, kuten Inframodelin käytössä.

Toisen haastatellun mukaan yhden ohjelmiston tai ohjelmistotoimittajan varassa oleminen voi aiheuttaa suuria ongelmia käyttäjille, esimerkiksi päivitysten ja kustannusten muodossa. Ohjelmistoissa nähdään haasteena, että niiden toimittajat ovat usein suuria kansainvälisiä yrityksiä. Tällöin Suomen pienen markkinan vaatimukset jäävät helposti kuulematta ja ohjelmistojen kehittäminen on vaikeaa ja hidasta. Kehitys onkin haastatellun näkemyksen mukaan tapahtunut pitkälti suurten ohjelmistoyritysten näkökulmasta. Tulevaisuudessa järjestelmien kehityksessä olisi tärkeää huomioida enemmän ihmisen toimintaa ja todellisia tarpeita.

Yhteensopivuusongelmien aiheuttamat haasteet

Osalla haastatelluista urakoitsijan edustajista ei ollut kokemuksia myöskään yhteensopivuusongelmista. Yksi haastateltu totesi, että haasteita on esiintynyt jonkin verran aineistoa siirrettäessä ohjelmistosta toiseen. Tämän vuoksi natiiviohjelmistoja tarvitaan vielä monissa tapauksissa, jotta tietosisältö nähdään häviöttömänä. Nykyisin yhteensopivuusongelmia esiintyy lähinnä mallinnusvaiheessa. Yhteensopivuusongelmat koneohjausmallien ja -järjestelmien kanssa ovat vähentyneet aikaisemmasta, mutta järjestelmien päivittyessä joitakin ongelmia saattaa vielä esiintyä. Eri valmistajien koneohjausjärjestelmät saattavat vaatia vielä nykyisin tiedostot omissa formaateissaan. Koneohjausjärjestelmien kanssa toimintaan on kuitenkin haastatellulla tullut ajan kuluessa rutiini. Haastateltu asiantuntija totesi, että suurimmat haasteet koneohjausjärjestelmien kanssa on ollut toteuma-aineiston kanssa toimiessa.

Yksi haastateltu tilaaja totesi, että erityisesti tiedonhallintajärjestelmiä kehitettäessä haasteita nousee jatkuvasti esiin. Suurimmat haasteet ovat olleet integraatioissa ja konversioissa. Toinen haastateltu tilaaja nosti vastauksissaan esiin Väylän tekemän inframallikyselyn tuloksia. Tulosten perusteella tietomallintamisen suurimpia esteitä olivat olleet ohjelmistojen toimintaongelmat sekä formaattien ja ohjelmistojen yhteensopimattomuus. Ongelmat olisivat paljolti ratkaistavissa avoimemmin toimivilla järjestelmillä.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyrityksissä haasteena nähdään muun muassa isojen koneohjausvalmistajien erikoisformaatit ja yhteensopivuusongelmat. Toisaalta yksi vastaaja totesi, että mikäli yhteensopivuusongelmia ei olisi, käytössä olisi vain laitetoimittajien omat ohjelmistot. Yhteensopivuusongelmien ratkaiseminen mahdollistaa avoimien tiedonhallintajärjestelmien olemassaolon. Yhden vastaajan mukaan yhteensopivuusongelmat ovat kuitenkin vähentyneet, kun taas toinen toteaa, että yhteensopivuusongelmat ovat edelleen arkipäivää rakentamisessa. Haastateltujen vastauksissa on siis nähtävissä hajontaa.

Yksi haastateltu näkee, että eri valmistajien koneohjausjärjestelmät eivät nykyisin toimi yhdessä kunnolla. Yhteensopivuusongelmat aiheuttavat hänen mukaansa paljon manuaalista työtä. Haastatellun näkemyksen mukaan koneohjaustoimittajat haluaisivat viedä järjestelmiään avoimeen suuntaan, mutta niiden taustalla toimivat tietojärjestelmät eivät sitä mahdollista. Vastaaja toivoi, että perinteiset mittausjärjestelmät pitäisi saada tukemaan koneohjausaineistoa, joka on paljon älykkäämpää kuin nykyisin käytössä oleva mittausaineisto. Tämä mahdollistaisi myös säästöjä, kun eri käyttötarkoituksiin ei tarvitsisi tehdä erilaisia aineistoja.

Ohjelmistojen laajamittainen hyödyntäminen kaikissa hankkeen vaiheissa

Urakoitsijan edustajat totesivat haastatteluissa, että käytössä on ollut ohjelmistoja lähinnä tietomallien tarkastelua ja työn suunnittelua varten. Työmaaolosuhteissa käytetyt ohjelmistot ovat toimineet pääasiassa tietokoneilla tai tableteilla. Muutamissa yksittäisissä tapauksissa käytössä on ollut tablettisovellus yhdessä mittalaitteen kanssa, jolloin sovellus on mahdollistanut esimerkiksi mittojen toteumatarkastelun työmaakierroksen yhteydessä. Kokonaisuudessaan eri ohjelmistojen hyödyntäminen on kuitenkin ollut melko vähäistä työmaakäytössä.

Yksi haastateltu totesi, että monesti hankemuoto vaikuttaa ohjelmistojen ja yleisestikin tietomallintamisen sovellusten hyödyntämismahdollisuuksiin. ST-, eli suunnittele ja toteuta -urakoissa urakoitsijan ja suunnittelijoiden välinen yhteistyö on usein jatkuvaa koko hankkeen ajan, mikä mahdollistaa paremmin myös tietomallintamiseen liittyvien toiveiden toteuttamisen. Tällöin esimerkiksi tietomalliaineiston tuottamiseen on käytettävissä enemmän resursseja. Haastatteluiden mukaan urakoitsijan työmaahenkilöstöllä on kiinnostusta uuden teknologian käyttöön, vaikkei aiempaa kokemusta välttämättä juuri ollutkaan.

Haastateltujen tilaajien mukaan ohjelmistoja ei vielä nykyisin ole hyödynnetty parhaalla mahdollisella tavalla rakennushankkeissa. Yksi haastateltu totesi, että laitteet ja sovellukset kehittyvät jatkuvasti ja samalla hyödyntämismahdollisuudet paranevat. Nykyisin jokainen projekti saa kuitenkin määritellä itse hyvin vapaasti käytettävät ohjelmistot, eli tilaaja ei käytettäviä ohjelmistoja määrää. Toisen haastatellun mukaan toimintatavat ovat hankkeissa monesti vielä vanhanaikaiset. Eri osapuolet ovat hänen mukaansa tottuneet käyttämään paperisuunnitelmia ja perinteisiä tilanneraportteja. Haastatellun mukaan yksi uusien tietojärjestelmähankkeiden tavoitteista on muuttaa yleisesti toimintatapoja digitaaliseen suuntaan. Kun toimintatapoja saadaan muutettua, myös tietomallintamiseen käytettävien ohjelmistojen käyttö lisääntyy.

Koneohjaus- ja ohjelmistoyrityksissä nähtiin, että ohjelmistoja ei ole vielä hyödynnetty kattavasti. Yrityksissä nähtiin kuitenkin, että teknologia mahdollistaisi jo laajamittaisen hyödyntämisen. Yksi haastateltu totesi, että sovellukset ja niiden eri versiot toimivat kattavasti eri alustoilla, mikä mahdollistaa hyödyntämisen hankkeen vaiheesta riippumatta. Monet sovelluksista toimivat myös selainpohjaisesti, mikä mahdollistaa lähes laiteriippumattoman käytön. Halvemman hintaluokan laitteissa saattaa esiintyä kuitenkin haasteita esimerkiksi käytettävyydessä pakkasessa tai auringonpaisteessa. Ammattilaislaitteet ovat usein myös tehokkaampia, jolloin ohjelmistojen käyttö sujuu nopeammin. Haastatellun mukaan sama sovellus ei kuitenkaan toimi joka hankevaiheessa, vaan sovellukset

tulee räätälöidä käyttötarkoituksen mukaan. Työmaaolosuhteissa helppokäyttöisyys on tärkeää, kun taas suunnittelijoilla on tarve monipuolisemmille ominaisuuksille.

Toinen haastateltu totesi, että erityisesti suunnitteluvaiheessa riippumattomia ohjelmistoja tulisi hyödyntää yhä enemmän, missä niillä on suuri potentiaali. Kun suunnitelmat viedään kolmannen osapuolen ohjelmistoon, suunnitelmavirheet saadaan paremmin esiin. Haastateltu toivoi, että tilaajien uusien tietojärjestelmähankkeiden yhteydessä eri ohjelmistoja hyödynnettäisiin nykyistä paremmin. Kolmannen haastatellun mukaan ohjelmistoja ei hyödynnetä riittävästi koko hankkeen elinkaaren aikana. Nykyisin ohjelmistoja käytetään melko kattavasti vain suunnittelussa ja rakentamisessa. Jo nykyisin teknologia mahdollistaisi automaattisen raportoinnin ja reaaliaikaisen tilannekuvan jakamisen eri hankevaiheista. Raportit voitaisiin lähettää myös yritysjohdolle, hankkeen projektinjohdon lisäksi.

5. TUTKIMUSTULOSTEN ANALYYSI

Tässä luvussa yhdistetään kirjallisuusselvityksen ja haastattelututkimuksen tuloksia kokonaisuuksiksi. Saatuja tuloksia verrataan työn teorialuvussa esitettyyn tietoon ja pohditaan tulosten merkitystä. Haastatteluissa esiintyi eri osapuolten välisiä näkökulmaeroja ja erilaisia tarpeita. Analyysissa on tämän vuoksi pohdittu tuloksia tarvittaessa eri näkökulmista. Analyysiluvussa tehtävillä päätelmillä vastataan diplomityön tutkimuskysymyksiin.

Diplomityön päättökysymys on:

”Miten urakoitsijan on tarkoituksenmukaista varautua tietomallintamisen tulevaisuuden näkymiin?”

Päättökysymys on jaettu edelleen alatutkimuskysymyksiin:

”Mitkä ovat tietomallintamisen ja sen sovellusten tulevaisuuden näkymät?”

”Mitä tietomallintaminen vaatii tulevaisuudessa eri tyyppisissä hankkeissa?”

”Mikä on kustannusrakenne tietomallintamisessa?”

5.1 Tietomallintamisen nykytila

Tutkimuksen perusteella on nähtävissä, että tietomallintamista ei vielä tällä hetkellä hyödynnetä alalla parhaalla mahdollisella tavalla. Urakoitsijat ovat hyödyntäneet tietomallintamista lähinnä työn suunnittelussa ja koneohjauksessa. Laajemman hyödyntämisen esteenä on tähän mennessä ollut henkilöstön osaamispuutteet ja eri osapuolten välisen yhteisen intressin puuttuminen. Haastattelututkimuksen perusteella isoissa väylähankkeissa toiminta vastaa jo nykyisin kuitenkin pääpiirteissään buildingSMART Finland-foorumin (2019a) esittämää mallipohjaisen rakentamishankkeen pääsisältöä. Tiedonhallinta on siis jatkuvaa koko hankkeen ajan ja luovutusaineistoa työstetään jatkuvasti rakentamisen edetessä. Tuotanto ei kuitenkaan nykyisin ole vielä kokonaan mallipohjaista ja mallipohjaisessa laadunvarmistuksessa on kehitettävää.

Tilajaat näkevät suurimpina haasteina tietomallintamisessa tällä hetkellä vakioinnin ja koko elinkaaren aikaisen toiminnan puutteet. Haastatteluiden perusteella tietomallintamista ei ole vielä pystytty juurikaan hyödyntämään kunnossapitovaiheessa. Tulosten perusteella on nähtävissä, että tilaajilla ei ole vielä tietoa mitä, millaista ja missä muodossa olevaa tietoa pitäisi siirtää rakentamisesta kunnossapitovaiheeseen. Vaikka tietomallin-

tamista käsitteleviä ohjeita ja vaatimuksia on paljon, niitä ei ole kattavasti pystytty hyödyntämään hankkeissa. Nykytilanteessa tilaajan henkilöstön toimintakulttuuri perustuu vielä monesti vanhaan perinteiseen toimintatapaan ilman digitaalisia työvälineitä. Haastateltavat näkevät tietomallintamisen käyttöönoton samalla tavalla kuin Salmi (2015a). Tietomallintamisen laajamittaiseen käyttöönottoon ei riitä pelkkä teknologian olemassaolo, vaan samalla myös koko toimintakulttuurin on muututtava.

Ohjelmistoyritysten näkemysten mukaan tietomallintamisen nykytila näyttää valoisammalta kuin muutama vuosi sitten. Tietomallintamisesta on tullut yhä enemmän osa normaalia toimintaa, mutta silti kehitettävääkin vielä on. Suurimmat haasteet ovat tällä hetkellä standardoinnissa ja osaamispuutteissa. Vaikka alalle on laadittu kattavat ohjeistukset ja vaatimukset, paikallinen sopiminen on käytännössä edelleen suuressa roolissa. Suljetut järjestelmät ovat tällä hetkellä suuri haaste tietomallintamisessa. Järjestelmät tulisi saada toimimaan avoimemmin, missä yksi tärkeä tekijä on avoimet tiedonsiirtoformaatit ja niiden kehittäminen.

Koneohjauksesta on tulosten perusteella tullut jo lähes oletusarvo infrahankkeissa. Urakoitsijan saamat hyödyt koneohjauksesta ovat kiistattomat. Nykytilassa erityisesti suurissa väylähankkeissa lähes kaikki kaivinkoneet ovat koneohjattuja ja muidenkin työkohteiden koneohjaus lisääntyy. Koneohjaukseen on hyödynnetty jonkin verran myös laadunvarmistuksessa, erityisesti toteumamittausten osalta, mutta teknologiaa olisi mahdollista hyödyntää enemmänkin. Koneohjausteknologia ei haastatteluiden perusteella ole vielä tasolla, että koneet voisivat toimia täysin ilman kuljettajaa, kuten Oulussa on testattu Mällisen (2018) artikkelin mukaan. Myöskään Novatronin (2019d) semi-automaatiojärjestelmä ei ole vielä laajalti työkäytössä.

Reaaliaikaista tilannekuvaa on hyödynnetty tutkimuksen perusteella vain vähän tietomallintamisen keinoin. Haastatellut urakoitsijan edustajat näkevät haasteena palveluiden hinnoittelun ja infrahankkeiden moninaisuuden, jolloin sovellusten hyödyntäminen saatetaan olla haasteellista. Työmaahenkilöstön mukaan perinteinen työmaakierroksiin perustuva toimintatapa on ollut toimiva, eikä sovellusten käyttöönottoa ole osattu kaivata. Urakoitsija on kuitenkin joissakin hankkeissa hyödyntänyt laserkeilausta tai fotogrammetrisia menetelmiä maastomallin ja sitä kautta massatiedon tuottamisessa, kuten Pekkala (2015) kuvaa. Tilaajat ja ohjelmistoyritykset näkevät reaaliaikaisessa tilannekuvassa suuremman potentiaalin ja tällä hetkellä tilaajat kehittävätkin useita tietojärjestelmiä, jotka tulevat tarjoamaan reaaliaikaista tilannekuvaa. Reaaliaikainen tilannekuva nähdään tärkeänä koko rakentamisprosessin ja sen laadun parantamisessa.

Tiedonhallinnan suurimmat haasteet ovat tällä hetkellä tutkimuksen mukaan määrättyjen formaattien noudattamisessa ja suljetuissa järjestelmissä. Haastatteluiden mukaan nykyisin aineisto ei välttämättä ole määrättyssä avoimessa formaatissa, vaikka sen pitäisi olla. Tämä aiheuttaa lisätyötä eri osapuolille, esimerkiksi kun tietomallista on manuaalisesti pääteltävä taiteviivoja. Myös tilaajaosapuoli on huomannut asian, ja totesikin haastatteluissa, että tilaajan tulee tulevaisuudessa valvoa entistä tarkemmin vaatimusten noudattamista. Mikäli vaatimuksista ei pidetä kiinni, tiedon jatkohyödyntäminen saattaa olla jopa mahdotonta eri tietojärjestelmissä, esimerkiksi kunnossapitovaiheessa. Tällä hetkellä laadunvarmistus perustuu pääosin yksittäisten rakenneosien kelpoisuuteen ja perinteisiin mittausmenetelmiin. Haastateltavat näkevät tiedonhallinnan haasteet yleisesti samaan tapaan kuin Perttula & Savolainen (2019).

Ohjelmistoissa on nähtävissä tulosten mukaan suuntaus kohti avointa tiedonsiirtoa ja toimintatapaa. Nykyisin monet tietojärjestelmät eivät kuitenkaan vielä toimi reaaliaikaisesti, eivätkä ne näin tarjoa myöskään reaaliaikaista tilannekuvaa. Tuloksissa nousi myös esiin ohjelmistojen väliset yhteensopivuusongelmat, jotka johtuvat suljetuista järjestelmistä ja ohjelmistojen suuresta määrästä. Kehitysvaiheessa olevien tietojärjestelmien tavoitteena on vastata näihin haasteisiin, kun järjestelmät saadaan toimimaan reaaliaikaisesti ja hallitsemaan paremmin kokonaisuuksia. Työmaaolosuhteissa eri ohjelmistoja ei juurikaan ole ollut työnjohdon käytössä tietomallintamisen osalta, vaikka kiinnostusta tulosten perusteella on ainakin jonkin verran. Tietomalleja ovat käsitelleet lähinnä mallinnus- ja mittaushenkilöstö.

5.2 Tulevaisuuden tarpeet

Tietomallintamisen kehitysnäkymät yleisesti

Tulosten perusteella on nähtävissä, että tulevaisuudessa tietomallintaminen on yhä tärkeämpi osa rakentamista. Kaikkien haastateltujen osapuolten näkökulma oli, että jatkossa tietomallintamisen käyttö lisääntyy ja monipuolistuu. Tilaajaosapuolen tahtotila myös Salmen (2015a) mukaan on ottaa mallintaminen yhä kattavammin käyttöön infra-hankkeiden eri vaiheissa ja toteuttaa pääosa hankkeista mallipohjaisesti. Yritysten on siksi tärkeää seurata ja pysyä mukana alan kehityksessä. Mikäli tarjoaja ei pysty toimimaan uusien vaatimusten mukaisella tavalla, vaarana on menettää markkinoita. Tulee kuitenkin muistaa, että tietomallien hyödyntäminen ei poissulje perinteisten piirustusten käyttöä, vaan molemmat tavat voivat olla käytössä, kuten Liikenneviraston, nykyisen Väylän ohjeessakin (2017) todetaan.

Tietomallintamisen kehityskulku on tällä hetkellä nopeaa myös kansainvälisesti katsottuna. Siksi on tärkeää, että Suomessa ei jäädä kehittämään vain omia järjestelmiä, vaan seurataan myös kansainvälistä kehitystä. Tietomallintamisessa tarvitaan kansallisia sovelluksia, mutta ne on mahdollista yhdistää kansainvälisiin järjestelmiin. Odotettavissa on, että tulevaisuudessa avoimet järjestelmät ovat laajalti käytössä, joten toimintaa ei kannata perustaa suljettujen järjestelmien varaan. Avoin tietomallintaminen mahdollistaa Perttulan & Savolaisen (2019) mukaan 15-25 % säästöt globaaleilla inframarkkinoilla vuoteen 2025 mennessä. Tietomallintamisen avoin toimintatapa mahdollistaa myös mahdolliset muutokset jatkossa helpommin.

Tulosten mukaan urakoitsijat näkevät suurimpina tulevaisuuden tarpeina tietomallien määräävän aseman ja niiden hyödyntämisen laaja-alaisemmin. Työmaille toivotaan käyttöön nykyistä enemmän laitteita tietomallien tarkasteluun, mutta myös AR-tekniikkaa. Tulosten perusteella työmaahenkilöstö haluaisi myös koulutusta nykyistä enemmän uuden tekniikan käyttöön. Muu urakoitsijan henkilöstö näkee tärkeänä, että mallipohjaista aineistoa olisi mahdollista hyödyntää enemmän jo tarjouslaskentavaiheessa. Heidän näkemystensä mukaan olisi tärkeää pyrkiä ohjeiden ja vaatimusten osalta myös käytännössä yhtenäisiin toimintatapoihin hankkeesta riippumatta, mikä on tavoitetilaa myös tilaajaosapuolen ja ohjelmistoyritysten mielestä.

Tilaajan näkökulmasta tärkeimmät tulevaisuuden kehitysaskleet inframallintamisessa ovat mallintamisen hyödyntäminen koko hankkeen elinkaaren ajan ja standardoinnin jatkokehittäminen. Nämä liittyvät myös toisiinsa, sillä nykyisin avoimissa formaateissa olevien mallien jatkokäyttö on vielä haastavaa formaattien ja ohjelmistojen puutteiden vuoksi, kuten Yleisissä inframallivaatimuksissa (BuildingSMART Finland 2019a) todetaan. Tietomallintamisen koko potentiaali saadaan hyödynnettyä vasta, kun mallipohjainen toiminta saadaan vakioitua ja standardoitua. Haastateltavat näkivät tulevaisuuden tarpeet saman tyyppisinä kuin RASTI-projektissa (2019). Avoimen ja laajan toiminnan kehittäminen vaatii panostuksia. Alalla on tärkeää panostaa osaamisen ja teknologian kehittämiseen.

Ohjelmistoyritysten näkökulmasta suurimmat kehitystarpeet ovat standardoinnissa ja ihmisten osaamisessa. Joidenkin tulosten mukaan on nähtävissä, että suurimmat puutteet ovat ihmisten osaamisessa ja toimintatavoissa, eikä niinkään teknologiassa. Tulosten perusteella tietomallintamisen käyttöönottoon tulisi panostaa enemmän jo hankintavaiheessa. Silloin mallipohjainen toiminta saadaan jo aikaisessa hankevaiheessa käyttöön ja on mahdollista saavuttaa suurimmat säästöt. Tämä tukee YIV:n (BuildingSMART Finland 2019a) ajatusta siitä, että inframalleja hyödynnetään koko infrakohteen elinkaaren

ajan, suunnittelun alusta rakentamisen jälkeiseen käyttöön, kunnossapitoon ja purkamiseen saakka. Tulosten perusteella myös ohjelmistoyrityksissä pidetään tärkeänä järjestelmien avoimuutta.

Koneohjaus

Tulosten perusteella haastateltavat näkevät, että koneohjauksen rooli tulee tulevaisuudessa yhä kasvamaan. Koneohjatut kaivinkoneet ovat jo nyt arkipäivää työmailla, mutta tulevaisuudessa yhä useampi konetyyppi on koneohjattu, kuten esimerkiksi Norjassa on jo nyt nähtävissä. Jatkossa koneohjausta tullaan haastatteluiden mukaan hyödyntämään yhä enemmän myös laadunvarmistuksessa. Tulosten perusteella on nähtävissä, että koneohjaus tulee vielä ainakin lähivuodet pysymään kuljettajaa opastavalla tasolla, eli kuljettaja ohjaa konetta manuaalisesti koneohjausjärjestelmän opastamana. (Kilpeläinen et al. 2004) Markkinoilla on kuitenkin esimerkiksi Novatronin (2019d) semi-automaatiojärjestelmä, jonka yleistymiseen kannattaa kiinnittää huomiota lähivuosina.

Koneohjausmallien tuottaminen todennäköisesti helpottuu tulevaisuudessa, kun suunnittelu muuttuu yhä enemmän mallipohjaiseksi. Tällöin kohteen tietomallit ovat yhä useammassa hankkeessa urakoitsijan käytettävissä koneohjausmallien pohjaksi, eikä maljeja tarvitsisi enää tuottaa erillisten suunnitelmakuvien pohjalta 3D-Kopin (2019) kuvaamaan tapaan. Tietomallien parantuessa ja tietosisällön lisääntyessä myös urakoitsijan saamat hyödyt todennäköisesti kasvavat. Tulevaisuudessa muun muassa älyliikenne vaatii nopeita ja toimivia tiedonsiirtoyhteyksiä, joista on hyötyä myös tietomallintamiselle työmaaolosuhteissa. Tiedonsiirtoyhteyksien parantuessa myös koneohjauksen yhteysongelmat tulevat vähenemään.

Reaaliaikainen tilannekuva

Tulosten perusteella on nähtävissä, että reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntäminen tietomallintamisen keinoin on tulevaisuudessa yhä tärkeämpi osa hankkeiden toteutusta. Haastattelututkimuksen perusteella etenkin tilaajaosapuoli sekä ohjelmisto- ja koneohjausyritysten edustajat näkevät tilannekuvan hyödyntämisen tärkeänä. Suomessa useat tilaajat kehittävät parhaillaan uusia tietojärjestelmiä, jotka tuottavat tilannekuvaa joko kaupunkiympäristöstä tai tieverkolta. Tilaajan tietojärjestelmät palvelevat todennäköisesti enemmän tilaajan omia tarpeita, joten muiden ohjelmistotoimittajien tarjoamat järjestelmät ovat tarpeen jatkossakin. Näihin järjestelmiin on mahdollista yhdistää niin työmaan kaluston koneohjausjärjestelmät kuin suunnittelu- ja toteuma-aineistokin.

Urakoitsijankin on syytä pohtia, kannattaisiko tilannekuvaa tarjoavia järjestelmiä ottaa käyttöön. Vaikka haastattelututkimuksen perusteella työmaahenkilöstö ei kokenut tar-

vetta tilannekuvaa tarjoaville ratkaisuille, voisivat järjestelmät mahdollistaa tuottavuudessa kehitystä. Työmaahenkilöstön näkemyksiin voi myös vaikuttaa se, että heillä ei ollut kokemusta juurikaan vastaavista järjestelmistä. Tällöin asiat on totuttu tekemään samalla tapaa kuin aiemminkin, eikä uusia ratkaisuja osata edes kaivata. Tulee kuitenkin muistaa, että mikäli järjestelmiä otetaan käyttöön, niiden käyttöönottoon tulee järjestää riittävästi koulutusta. Tällöin järjestelmiä saadaan hyödynnettyä täysimääräisesti.

Urakoitsija on haastatteluiden mukaan hyödyntänyt dronekuvauksia hankkeissaan. Monet ohjelmistot mahdollistavat myös droneaineiston yhdistämisen niihin, milloin aineistoa on mahdollista hyödyntää entistä tehokkaammin. Ilmakuvat on mahdollista tuoda esimerkiksi järjestelmien taustakartaksi. Massamäärien seuranta on myös tarkkaa ja tehokasta dronekuvausten pohjalta, kun suunniteltuja tasoja on mahdollista verrata toteutuneisiin laaja-alaisemmin kuin perinteisillä takymetrimittauksilla. Laserkeilausta ei myöskään kannata unohtaa, sillä sen avulla on mahdollista saada tarkkaa mittatietoa esimerkiksi maastomallin tuottamiseen ja tilavuuden laskemisessa, kuten Pekkala (2015) kuvaa.

Haastatellut rakentamisen asiantuntijat eivät juurikaan olleet tutustuneet satelliittiteknologiaan, mutta toisaalta tähän mennessä satelliitteja ei juuri ole hyödynnetty infrarakentamisessa. Haastatellun asiantuntijan ja Karjalaisen (2019) mukaan satelliiteilla voisi kuitenkin olla suurikin potentiaali infrarakentamisessa, sillä satelliitit mahdollistavat jatkuvan laaja-alaisen seurannan. Mikäli satelliittikuvia halutaan käyttää pintamallien tuottamiseen, tähän soveltuva aineisto on tällä hetkellä kaupallista ja kallista erityisesti urakoitsijan näkökulmasta. Yleensä infrahankkeet ovat verrattain pieniä pinta-alaltaan, että ne on mahdollista kuvata esimerkiksi droneilla melko nopeasti. Suurissa väylähankkeissa tarkkoja satelliittikuvia kannattaa kuitenkin jo harkita, sillä esimerkiksi 10x10 kilometrin kokoisen alan kuvaaminen on droneilla työlästä. Tällöin satelliittiaineisto kilpailee lentokoneella tehtävän ilmakuvauksen tai laserskannauksen kanssa.

Sen sijaan tilaajan näkökulmasta satelliittiteknologialla saattaa olla suurempi potentiaali. Satelliittien avulla on mahdollista tehdä esimerkiksi jatkuvaa muutosseurantaa väyläverkosta, jolloin laaja-alainen seuranta on tärkeämmässä roolissa kuin yksittäisissä hankkeissa. Satelliittiteknologia ei ehkä vielä ole paras mahdollinen vaihtoehto, mutta tekniikan kehitystä kannattaa seurata, sillä ala on tulosten mukaan tällä hetkellä muutostilassa. Vaikka satelliitit eivät itsessään pystyisivätkään tuottamaan nykyistä parempaa aineistoa, sitä voidaan käsitellä todennäköisesti tulevaisuudessa yhä tehokkaammin jälkikäteen. Tällöin aineisto on hyödynnettävissä monipuolisemmin. Tästä ovat esimerkeinä Euroopan komission DIAS-palvelu ja automaation hyödyntäminen analyysissa, kuten siirtolaisveneiden seurannassa on tehty Välimerellä.

Tiedonhallinta

Tietomallintamisen kehitys asettaa vaatimuksia tiedonhallinnalle. Mallipohjainen toiminta edellyttää suuria tietomääriä sekä nopeaa ja tehokasta tiedonkäsittelyä, kuten Tiitinen (2013) toteaa. Kaarion & Peltolan (2008) mukaan käyttäjä ei usein kuitenkaan tarvitse itse suurta tietomäärää, vaan tärkeintä on tunnistaa tietomäärästä oleellisin tieto. Markkinoilla olevat työmaanhallintajärjestelmät auttavat tässä, sillä ne kokoavat tietoa eri järjestelmistä yhteen paikkaan, mistä käyttäjä näkee helposti kattavan yleistilanteen. Jotta toiminta olisi tehokasta, tiedon pitää siirtyä nopeasti ja virheettömästi tietolähteestä tiedon tarvitsijalle. Haastattelututkimuksen perusteella formaattien noudattamisessa on tällä hetkellä kuitenkin ollut puutteita, jolloin tiedonhallinta ei ole tehokasta ja se aiheuttaa edelleen haasteita toiminnalle. Haastatteluiden mukaan eri osapuolet ovat kuitenkin tiedostaneet tiedonsiirron ongelmat ja osapuolet pyrkivät kohti avointa toimintatapaa, joten tulevaisuudessa tiedonhallinnan voi odottaa tehostuvan.

Haastatellut tilaajat korostivat vastauksissaan erityisesti tiedon elinkaaren hallintaa. Kaarion & Peltolan (2008) esittämästä tiedon elinkaaren vaiheista tiedonhallinnan ongelmapisteen paikantuvat usein elinkaaren saumakohtiin, kuten taltiointiin. Tämä on ollut haasteena myös inframallintamisessa, sillä toiminta ei ole ollut jatkuvaa hankevaiheesta toiseen siirryttäessä. Elinkaaren hallinta on tavoitetilassa jatkuvaa eikä siinä ole hallitsemattomia epäjatkuvuuskohtia. Epäjatkuvuuskohtina tällä hetkellä voidaan nähdä formaattien yhteensopivuusongelmat sekä ohjeiden puutteellisuus hankevaiheesta toiseen siirtyvää tietosisältöä koskien. Haastatteluiden perusteella tilaajalla ei välttämättä tällä hetkellä ole tietoa, mitä tietoa halutaan siirtää esimerkiksi rakentamisesta kunnossapitovaiheeseen. Esimerkiksi Väylä on kuitenkin haastatteluiden mukaan tällä hetkellä tarkentamassa luovutusaineiston tietosisällön vaatimuksia, joten odotettavissa on, että parannusta on tapahtumassa myös tältä osin. Tilaajaosapuolten kehitysvaiheessa olevat tietojärjestelmät tulevat varmasti myös osaltaan parantamaan tiedon elinkaaren hallintaa.

Tiedonhallintaa kehitettäessä on muistettava, että osaamiseen ja käyttäjien sitouttamiseen panostetaan. Asia tuli esiin haastatteluissa, joissa osapuolet toivoivat lisää koulutusta tietomallintamiseen liittyen. Myös Kaario & Peltola (2008) näkevät käyttäjien motiivon ja muutostekijöiden tunnistamisen tärkeänä, jotta uudet järjestelmät saadaan heti tehokkaaseen käyttöön. Tiedonhallinnan kehittämistä ei kannata sivuuttaa, sillä kuten teoriaosassa todettiin, perinteisten rakenteettomien dokumenttien ja rakenteisen tietokantadatan raja alkaa hämärtyä. Jatkossa yhä enemmän tietoa on digitaalisessa muodossa, jota on mahdollista käyttää suoraan tietotekniikan keinoin. Tulosten perusteella

kaikki osapuolet näkevät mallipohjaisen laadunvarmistuksen tulevaisuuden tapana toimia. Nämä tekijät lisäävät työn tuottavuutta, kun hitaat manuaalisesti tehtävät työvaiheet vähenevät.

Salmen (2015b) mukaan buildingSMART Finland tavoittelee vuoteen 2025 mennessä, että infraprosessien kaikissa vaiheissa on käytössä avoimet ja ohjelmistoriippumattomat tietomallit. Tavoitteena on lisäksi digitalisoida kaikki infran suunnittelu- ja tuotantoprosessit 2025 mennessä. Haastatteluiden perusteella alan suuntaus on kohti tavoitteiden toteutumista, mutta haasteitakin on matkalla. Haastatteluissa suurimmiksi haasteiksi nousivat suurten ohjelmistotoimittajien järjestelmien rajoitteet sekä formaattihaasteet. Avoimen tiedonsiirron yleistymistä on hidastanut tähän mennessä ohjelmistotoimittajien suljetut järjestelmät. Eri osapuolilla oli lisäksi omat näkemyksensä, mihin tiedonsiirtoformaattiin tulevaisuudessa kannattaa panostaa. Formaattikeskustelussa kannattaa kuitenkin muistaa, että ei välttämättä tarvitse valita vain yhtä tiettyä tiedonsiirtoformaattia. Tärkeintä on, että eri tietokannat pystyvät keskustelemaan keskenään tehokkaasti, vaikka käytettäviä formaatteja olisi useampikin. Yhteisenä tekijänä tuloksista on nähtävissä, että Suomen ei kannata eristäytyä kehittämään vain omia järjestelmiään, vaan Suomen tulisi olla mukana kansainvälisessä kehityksessä.

Tiedonhallinnan kehittyminen mahdollistaa RIL:n (2019) kuvaamien digitaalisten kaksosten luomisen. Ne tarjoavat laaja-alaista reaaliaikaista tilannekuvaa esimerkiksi kaupunkimallin muodossa alueen liikenteestä ja verkostoista. Tilaaajat kehittävät parhaillaan tietojärjestelmiä, joiden tavoitteena on sisältää kaikki tarvittava tieto hankkeista ja toimia perustana kaupunkimalleille tai väyläverkon tiedonhallinnalle. Tulosten perusteella alalla investoidaan standardointityöhön ja järjestelmiin, jotka mahdollistavat avoimen tiedonsiirron ja datan tehokkaan jatkohyödyntämisen. Näillä keinoilla on mahdollista saavuttaa Perttulan & Savolaisen (2019) mainitsemat 15-25 % säästöt inframarkkinoilla tuottavuutta parantamalla.

Ohjelmistot

Ohjelmistoissa on nähtävissä tulosten perusteella sama suuntaus kuin tiedonhallinnassa yleensäkin, tavoitteena ovat avoin toiminta ja tiedonsiirto. Ohjelmistoissa on nähtävissä myönteistä kehitystä, kun ohjelmistot toimivat monesti jo laiteriippumattomasti ja pilvi-työskentely on mahdollista. Myös automaatio on lisääntynyt ohjelmistoissa, mikä mahdollistaa esimerkiksi parametrin suunnittelun suunnitteluvaiheessa. Yhteensopivuusongelmia kuitenkin esiintyy edelleen, erityisesti kun eri ohjelmistojen tietosisältöä pitäisi yhdistää. Suurimmat haasteet liittyvät siis avoimen tiedonsiirron puutteisiin.

Ohjelmistoja valittaessa kannattaa kuitenkin panostaa mahdollisimman avoimeen järjestelmään, jos mahdollista. Mikäli uutta ohjelmistoa hankittaessa sitouduttaisiin suljettuun järjestelmään, se voi aiheuttaa myöhemmin suuriakin haasteita käyttäjälle esimerkiksi kustannusten tai päivitysten muodossa. Tulosten perusteella suurimmat esteet tietomallintamisen käytössä ovat olleet ohjelmistojen ongelmat sekä formaattien ja ohjelmistojen yhteensopimattomuus. Avoimissakin ohjelmistoissa voi joitakin yhteensopivuusongelmia esiintyä, mutta lähtökohtaisesti niiden pitäisi mahdollistaa tiedonhallinta mahdollisimman avoimesti ja kattavasti.

Myös alan verkottuneisuus kannattaa huomioida järjestelmätoimittajia ja ohjelmistoja valittaessa, kuten Kaario & Peltola (2008) toteavat. Esimerkiksi urakoitsijat toimivat monien eri tilaajien kanssa, joten tiedonhallinnan järjestelmien tulisi olla mahdollisimman avoimia ja siten yhteensopivia mahdollisten muiden järjestelmien kanssa. Tuloksissa nousi myös esiin, että jos ohjelmistot hallitsisivat paremmin laajempia kokonaisuuksia, saataisiin samalla yhteensopivuusongelmia vähennettyä. Tällöin ei olisi tarvettakaan käyttää useita eri ohjelmistoja. Esimerkiksi markkinoilla jo oleva Infrakit mahdollistaa laajojen kokonaisuuksien linkittämisen yhteen palveluun.

Haastatteluissa tuli esiin, että työmaahenkilöstö kaipaasi nykyistä enemmän työvälineitä tietomallien käsittelyyn. Tulosten perusteella nykytilanteessa tietomalleja on tarkasteltu työmaalla lähinnä mittaushenkilöstön tai tietomallikoordinaattorien johdolla, mutta jatkossa myös muun työmaahenkilöstön käyttöön tulisi tarjota ohjelmistoja tietomallien hyödyntämiseen. Tällöin tietomallintaminen saadaan paremmin jalkautettua käytännön arkeen työmaalla ja niitä voidaan hyödyntää laajemmin. Markkinoilla on myös edistynyt tekniikkaa, kuten AR-teknologiaa hyödyntävä Trimblen SiteVision (Geotrim 2020). Laajamittaisesti käyttöön otettavat ohjelmistot tulisi kuitenkin olla testattuja ja varmatoimisia, jotta käyttö on sujuvaa työmailla. Uutta teknologiaa saattaa olla järkevä kokeilla ennen laajamittaista käyttöönottoa yksittäisissä hankkeissa, joissa niistä saadaan käyttökokeuksia.

5.3 Investointisuunnitelman suuntaviivat

Työssä ei ole tavoitteena tuottaa valmista investointisuunnitelmaa, vaan hahmotella sitä tulevaisuuden näkymien ja tarpeiden pohjalta. Tässä luvussa esitellään tulevaisuuden tarpeita ja kustannusjakaumaa aikajanan muodossa. Kuten tulosten perusteella on nähtävissä, tietomallintaminen on muutostilassa, eikä tulevaisuutta voi tietää varmaksi. Arviot tulevaisuuden tarpeista perustuvat tämän hetkiseen tietoon, joten alan kehittyessä näkymiä kannattaa tarkastella uudelleen ja tarvittaessa päivittää.

5.3.1 Yritys- ja hanketason ratkaisut

Tulevaisuuden tarpeita ja kustannuksia on usein tarpeen pohtia niin yritys- kuin hanketasolla. Koko yrityksen taseisia asioita ovat esimerkiksi henkilöstö, koulutus sekä käytettävät ohjelmistot ja lisenssit. Hanketason ratkaisut tehdään yritystason määräysten rajaamana. Ratkaistavia asioita ovat esimerkiksi tarvittavan kaluston ja sovellusten valinta hankkeen tarpeiden mukaan.

Kahtiajako on perusteltua, sillä mitä suurempi yritys on kyseessä, sitä tehokkaampaa on tietyt ratkaisut keskittää yritystasolla. Keskittäminen mahdollistaa säästöjä ja paremman tehokkuuden. Yritystasolla on mahdollista esimerkiksi järjestää kattavasti henkilöstön koulutuksia valittujen ohjelmistojen käyttöön. Monesti palvelut saadaan keskitetysti myös hankittua edullisemmin, kuin tilanteessa, jossa jokainen yksittäinen hanke hankkisi itse tarvittavat palvelut, kuten ohjelmistot. Yritystasolla ei kuitenkaan kannata tehdä kaikkia päätöksiä, sillä infrarakentamisessa hankkeet ovat hyvin erilaisia ja näin niillä on myös erilaiset tarpeet.

Hanketason ratkaisuille on tärkeä jättää riittävä liikkumavara. Ei ole kenenkään edun mukaista määrätä jokaiselle hankkeelle samoja toimintamalleja, vaan tarpeet on pohdittava hankekohtaisesti ja on valittava ratkaisut, mistä todella on hyötyä. Saattaa esimerkiksi olla, että pienessä kuukauden kestävässä kunnallisteknisessä urakassa tietomallintamista ei hyödynnetä lainkaan. Sen sijaan monta vuotta kestävässä väyläurakassa tietomallintamista kannattaa hyödyntää laaja-alaisesti eri keinoin. Projektihenkilöstöllä on tällöin myös mahdollisuus tehdä päätöksiä omien mieltymystensä ja tottumustensa mukaan yritystason ratkaisujen puitteissa.

5.3.2 Aikajanat

Tulevaisuuden kehitysaskeleet ja tarpeet on esitetty aikajanalla vuosille 2020-2029. Aikajanat perustuvat työn tulosten pohjalta tehtyihin arvioihin. Lähivuosina tapahtuvat muutokset ovat arvioitavissa tarkemmin kuin 20-luvun lopun kehitysaskeleet. Tärkeä lähivuosien kehitystarve on ottaa käyttöön työnjohdolle työvälineitä tietomallien käsittelyyn. Ensin käyttöön tulee ottaa työmaanhallintajärjestelmä, joka mahdollistaa tietomallintamisen hyödyntämisen paremmin käytännön arjessa hankkeissa. Myöhemmin hankittavia palveluita ovat AR-sovellukset ja mahdollisesti satelliittiteknologiaan pohjautuvat tuotteet. Uudet järjestelmät kannattaa ottaa käyttöön aikajanan mukaisesti vaiheittain, jotta niistä saadaan ensin käyttökokemuksia. Tällöin järjestelmiä on mahdollista vielä räätälöidä ennen laajamittaista käyttöönottoa.

Alalla tapahtuvat yleiset muutokset ovat jo osittain tiedossa, kun esimerkiksi tilaajien kehittämien tietojärjestelmien käyttöönottoajankohdat ovat julkistettu. Kun tietojärjestelmien on tarkoitus hyödyntää mallipohjaista aineistoa, on todennäköistä, että samaan aikaan mallipohjainen laadunvarmistus on arkipäivää rakentamisessa. Sen sijaan esimerkiksi automaation kehittyminen perustuu enemmän arvioihin, sillä sen käyttöönottoon vaikuttaa useammat tekijät. Aikajana on esitetty kuvassa 16.

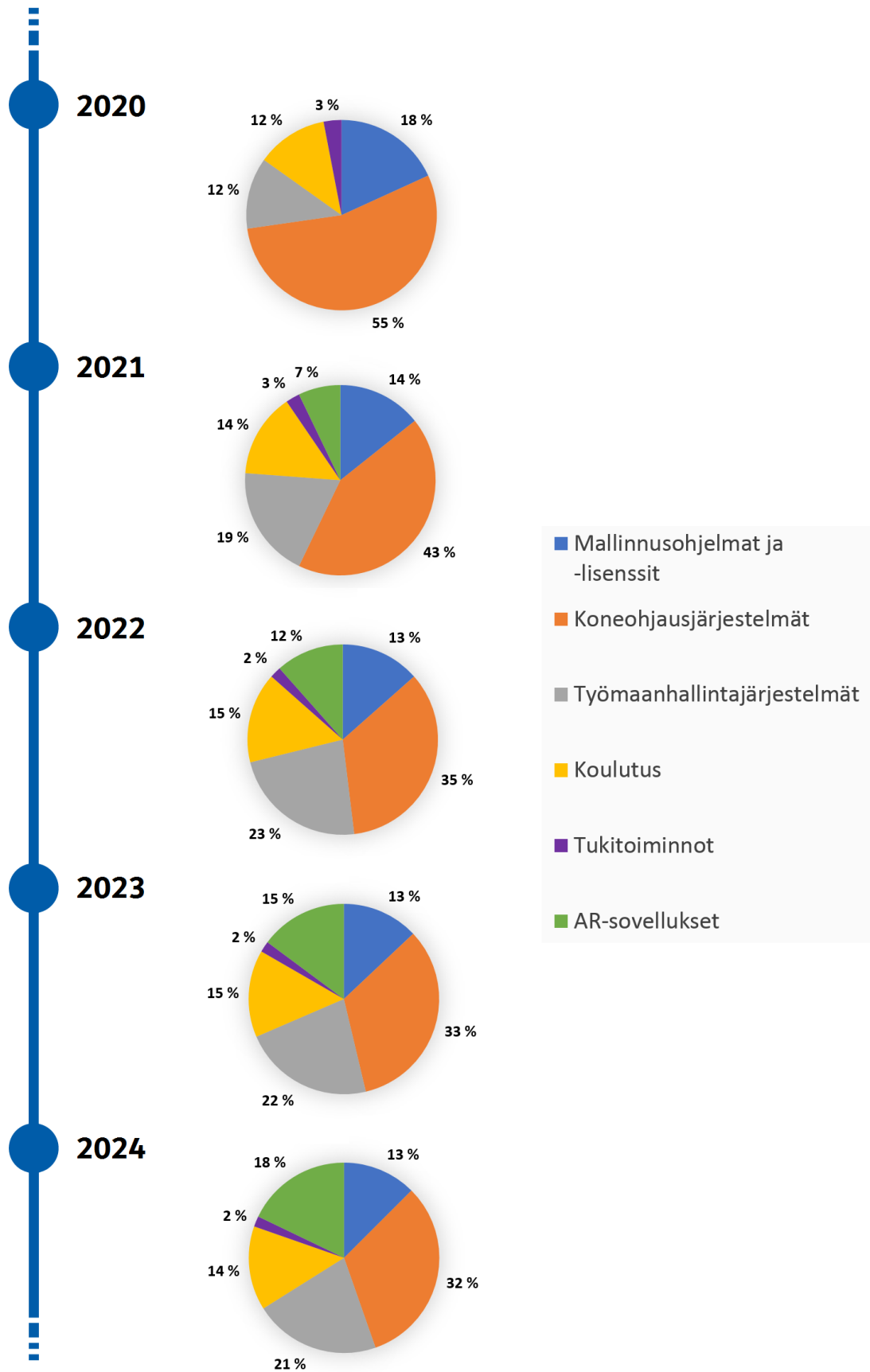


Kuva 16. Aikajana tietomallintamisen tarpeista vuosina 2020-2029.

Arvio tietomallintamiseen liittyvistä kustannuksista on esitetty vuosille 2020-2024. Kustannukset on laskettu työssä arvioitujen tulevaisuuden näkymien ja tarpeiden pohjalta. Hintatiedot perustuvat markkinahintoihin niiltä osin kuin niitä oli saatavissa. Eri palveluiden hinnat vaihtelevat kuitenkin suuresti esimerkiksi yrityksen kokoluokan perusteella, minkä vuoksi kustannukset esitetään kustannusjakauman avulla. Tällöin tulokset ovat käyttökelpoisempia kuin tarkat euromääräiset arviot. Kustannuksissa on huomioitu niin tietomallintamiseen tarvittavat ohjelmistot kuin laitteistotkin, mutta ei henkilöstökuluja muuten kuin koulutusmenojen muodossa. Myös kustannusten arvioinnissa epävarmuus lisääntyy pidemmälle tulevaisuuteen arvioitaessa, samaan tapaan kuin tarpeiden määrittelyssäkin. Tämän vuoksi kustannukset on esitetty aikajanalla vain viiden vuoden osalta.

Mallinnusohjelmat ja -lisenssit sisältävät kaikki tietomallien luomiseen ja käsittelyyn tarvittavat ohjelmistot ja niiden lisenssimaksut. Näitä tarvitaan esimerkiksi koneohjausmallien luomiseen tai kustannuslaskentaan. Koneohjauskustannukset sisältävät tarvittavat tukiasemat ja verkkokorjauslisenssit. Tukiasemien ja lisenssien määrä on arviossa vakio koko ajanjakson ajan. Työmaanhallintajärjestelmät on huomioitu arviossa siten, että ensin hankitaan kokeiluun yksittäisiä järjestelmiä tietyille hankkeille. Myöhemmin vuonna 2022 työmaanhallintajärjestelmät ovat yleisessä käytössä kaikilla työmailla. Myös AR-sovellukset on huomioitu samalla tapaa, ensin hankitaan yksittäisiä sovelluksia, joita myöhemmin lisätään. Koulutuskulut sisältävät työmaahenkilöstön koulutuskustannukset, jotka lisääntyvät, kun uusia järjestelmiä otetaan käyttöön. Vaihteleva uusien järjestelmien käyttöönotto mahdollistaa myös koulutusten porrastamisen ja tarvittaessa räätälöinnin käyttökokemusten pohjalta. Tukitoiminnot käsittävät esimerkiksi mallinnusorganisaation seminaarit ja muut tarpeet.

Kustannusarviosta nähdään, että tällä hetkellä isoin osa kustannuksista koostuu koneohjausjärjestelmien ylläpidosta, kuten tukiasemista ja verkkokorjauslisensseistä. Nämä kustannukset pysyvät euromääräisesti saman suuruisina myös ajan kuluessa, sillä vaikka kustannukset koneyksikköä kohti pienenevät, koneohjattujen koneiden määrä tulee todennäköisesti lisääntymään. Ajan kuluessa työmaanhallintajärjestelmien ja muiden mallintamisen työvälineiden kustannukset kasvavat, kun näitä otetaan käyttöön ja myöhemmin määrää lisätään. Tietomallintamisen yhteiskustannukset kasvavat arvion mukaan ajanjakson aikana 80 %. Kustannukset on arvioitu laskelmassa karkealla tasolla, joten laskelma tarjoaa suuntaa antavan tiedon kustannusten jakautumisesta eri osatekijöiden kesken. Kustannusjakaumat perustuvat tämän hetkiseen tietoon, mikä tulee huomioida jatkokäyttöä ajatellen. Uudet teknologiat todennäköisesti myös halpenevat vuosien mittaan. Jakaumat on esitetty oheisessa kuvassa.



Kuva 17. Arvio tietomallintamisen kustannusjakaumasta aikajanalla.

5.4 Tulosten luotettavuus

Työn tutkimusmenetelmä oli toimintatutkimus, joka perustuu tietomallintamisen nykytilan analysointiin ja tulevaisuuden tarpeiden kartoittamiseen. Tutkimusaineisto koostui sekä kirjallisuuslähteistä että asiantuntijahaastatteluista. Kirjallisuusselvityksen avulla tavoitteena oli selvittää tietomallintamista koskevaa ohjeistusta ja standardeja, mutta myös saada käsitys teknologian nykytilasta. Aiheeseen liittyvää tieteellistä tutkimustyötä ei ole tehty paljoa, minkä vuoksi lähteinä käytettiin jonkin verran myös ei-tieteellisiä lähteitä, kuten alaa koskevia uutisia ja teknologiavalmistajien tuottamaa aineistoa. Tämä on kuitenkin perusteltua, sillä alan teknologia kehittyy vauhdilla. Nopean kehittymisen vuoksi tutkittu tieto vanhenee nopeasti, eikä ole välttämättä vuosien kuluttua enää käyttökelpoista. Suurin osa niin tieteellisistä kuin ei-tieteellisistä lähteistä oli kuitenkin alalla arvosettujen ja tunnettujen asiantuntijoiden kirjoittamia tai kommentoimia. Tärkeässä roolissa työn tausta- ja teoriaosassa olivat myös Väylän ja buildingSMART Finland infra-toimialan tietomallintamista koskevat ohjeet ja vaatimukset, joita alalla on noudatettava. Aineistoa oli kokonaisuudessaan riittävästi luotettavuuden saavuttamiseksi kirjallisuusselvityksessä.

Diplomityön empiirinen osa perustui teemahaastatteluina toteutettuihin asiantuntijahaastatteluihin. Haastattelumenetelmä oli toimiva tässä työssä, sillä tietomallintamisen parissa työskentelevillä asiantuntijoilla on ajankohtainen tieto alan nykytilasta. Haastattelumenetelmä ei myöskään ollut liian sitova, vaan haastatteluissa oli mahdollista painottaa haastateltavan omaa erikoisalaa ja näin saada enemmän tietoa aiheesta. Haastateltavia oli sopiva määrä ja lisäksi haastateltavat valittiin kattavasti siten, että he työskentelivät alalla eri rooleissa. Tällöin oli mahdollista huomioida eri näkökulmat. Kaikki haastatellut asiantuntijat olivat valmistautuneet haastatteluun ja haastattelut menivät sujuvasti. Kaikki haastattelut litteroitiin ja analysoitiin myöhemmin samalla tapaa. Koska haastatteluissa pyrittiin huomioimaan kattavasti eri osapuolet, aiheutti tämä esimerkiksi urakoitsijahaastatteluiden kohdalla, että vain yhtä työmaapäällikköä haastateltiin, eikä hänen näkemyksensä välttämättä edusta kaikkien työmaapäälliköiden näkemyksiä. Haastattelutuloksia kuitenkin voidaan pitää vähintään suuntaa antavina.

Investointisuunnitelman suuntaviivat perustuvat tutkimustulosten analyysiin. Tulevaisuuden ennustaminen vuositasonalla on kuitenkin haastavaa, minkä vuoksi epävarmuus lisääntyy pidemmälle tulevaisuuteen mentäessä. Arvioita lähivuosia koskien voidaan pitää kuitenkin luotettavina, sillä esimerkiksi alalla tapahtuvat tietojärjestelmiä koskevat muutokset ovat jo osittain tiedossa vuosia etukäteen.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yhteenveto ja päätelmät

Työn tavoitteena oli tunnistaa tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infra-alalla sekä arvioida, kuinka urakoitsijan on tarkoituksenmukaista varautua tulevaisuuden näkymiin. Työssä huomioitiin myös tietomallintamisen taloudellinen näkökulma ja arvioitiin tietomallintamiseen liittyviä kustannuksia tulevina vuosina. Työ toteutettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksena. Ajankohtaisen tiedon saamiseksi työtä varten haastateltiin 11 asiantuntijaa, jotka edustavat alan eri osapuolia.

Tietomallintaminen on kehittynyt nopeaan tahtiin viime vuosina. Tietomallintaminen on yksi alan keinoista parantaa työn laatua, tuottavuutta ja turvallisuutta. Avoimen tietomallintamisen avulla on mahdollista saavuttaa jopa 15-25 % säästöt infrarakentamisessa. Suomi on tällä hetkellä kansainvälisen kehityksen kärjessä digitalisaation hyödyntämisessä. Alalla tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä infra-alan suunnittelu- ja tuotantoprosessit ovat kauttaaltaan digitalisoituja. Infrarakentamisessa on jo pitkään hyödynnetty koneohjausta, joka on monesti tunnetuin tietomallintamisen käyttökohde. Työssä tuli esiin, että tietomallintaminen mahdollistaa myös paljon muuta.

Tutkimuksessa selvisi, että tietomallintamista ei vielä tällä hetkellä hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla. Tietomallintaminen mahdollistaa esimerkiksi reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntämisen päätöksenteon apuvälineenä sekä erilaisten ohjelmistojen hyödyntämisen työn suunnittelussa ja johtamisessa. Tulosten perusteella näitä ei kuitenkaan ole hyödynnetty kattavasti. Hyödyntämisen esteenä nähtiin puutteet tiedonhallinnassa ja toimintakulttuuri, joka perustuu vielä perinteiseen tapaan toimia. Koneohjauksesta sen sijaan on tullut jo lähes itsestään selvyyttä infrahankkeissa ja sitä hyödynnetään laajalti hankekoosta riippumatta.

Kaikki haastatellut asiantuntijat näkivät, että tulevaisuudessa tietomallintamisen hyödyntäminen lisääntyy ja monipuolistuu. Tällöin tietomallintaminen on yhä tärkeämpi osa rakentamista. Tavoitteena on ottaa mallintaminen käyttöön yhä kattavammin koko infrahankkeen elinkaaren ajaksi, suunnittelusta kunnossapitoon. Tulevaisuudessa tietomallintaminen muuttuu yhä avoimemmaksi ja nykyiset esteet, kuten suljetut järjestelmät tulevat häviämään. Tietomallintamisen kehittämisessä on tärkeää panostaa osaamiseen ja tarjota riittävät resurssit digitalisaation hyödyntämiseksi. Alan kehittämisessä tulee olla

mukana kansainvälisessä kehityksessä, sillä yksin Suomen markkinat ovat kansainvälisten ohjelmistotoimittajien silmissä pienet, eikä omien kansallisten järjestelmien kehittäminen ole mahdollista tai ainakaan kannattavaa.

Koneohjauksen rooli tulee tutkimuksen mukaan tulevaisuudessa yhä kasvamaan. Koneohjaus tulee käyttöön yhä useampaan konetyyppiin kaivinkoneiden lisäksi. Alalla on huomattu mallipohjaisen laadunvarmistuksen hyödyt, minkä vuoksi koneohjausta tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään yhä enemmän myös laadunvarmistuksessa. Koneohjaus tulee todennäköisesti pysymään vielä lähivuodet kuljettajaa opastavalla tasolla. Automaatio kuitenkin tulee jatkossa lisääntymään, esimerkiksi semi-automaattisia kaivinkoneita tulee todennäköisesti työkäyttöön jo viiden vuoden sisällä. Mallipohjaisen suunnittelun yleistyessä myös koneohjausmallien tuottaminen helpottuu jatkossa. Tietomallien parantuessa ja tietosisällön lisääntyessä urakoitsijan saamat hyödyt lisääntyvät.

Reaaliaikaisen tilannekuvan hyödyntäminen tietomallintamisen keinoin on jatkossa yhä tärkeämpi osa infrahankkeiden toteutusta. Tilaaajat kehittävät parhaillaan uusia tietojärjestelmiä, jotka tuottavat tilannekuvaa laajassa mittakaavassa kaupunkiympäristöstä tai tieverkosta. Urakoitsijan tarpeita todennäköisesti palvelee jatkossa parhaiten muiden ohjelmistotoimittajien järjestelmät, joihin on mahdollista yhdistää työmaan kaluston koneohjausjärjestelmät sekä suunnittelu- ja toteuma-aineisto. Urakoitsijan edustajat eivät tutkimuksessa nähneet järjestelmille juurikaan tarvetta, mutta niiden käyttöönottoa kannattaa silti pohtia vakavasti. Urakoitsija on kuitenkin hyödyntänyt dronekuvauksia ja laserskannauksia hankkeissaan. Aineiston hyödyntäminen voisi olla nykyistä tehokkaampaa, jos se yhdistetään muuhun tietosisältöön tilannekuvaa tarjoavassa järjestelmässä.

Käsiteltävät tietomäärät ovat lisääntyneet merkittävästi myös rakentamisessa mallipohjaisen toiminnan lisääntyessä. Tämä edellyttää tehokasta tiedonkäsittelyä, jotta suuresta tietomäärästä on mahdollista erottaa oleellinen tieto. Vielä tällä hetkellä tiedonsiirrossa on puutteita, mutta jatkossa toiminta todennäköisesti on avoimempaa. Tärkeinä osatekijöinä kehittämistyössä ovat standardointi ja avoimet tiedonsiirtoformaatit, kuten nykyisin käytössä olevat Inframodel ja IFC. Jotta muutos voi tapahtua, alalla tulee vaatia entistä tiukemmin avointen formaattien käyttöä. Nykyään yhä enemmän tietoa on digitaalisessa muodossa, mitä olisi mahdollista hyödyntää tietotekniikan keinoin. Tämä mahdollistaa tuottavuuskehityksen, kun hitaita manuaalisesti tehtäviä työvaiheita saadaan vähennettyä.

Jotta tehokas tiedonhallinta saadaan jalkautettua rakentamisen käytännön arkeen, tarvitaan tähän ohjelmistoja. Myös ohjelmistoissa suuntaus on kohti avointa toimivuutta ja

tiedonsiirtoa. Monet ohjelmistot toimivat jo nykyisin laiteriippumattomasti ja pilvityöskentely on mahdollista. Tutkimuksessa tuli esiin, että urakoitsijan työmaahenkilöstö kaipaasi nykyistä enemmän työvälineitä tietomallien käsittelyyn. Nykytilanteessa tietomalleja hyödynnetään työmaalla pääasiassa mittaushenkilöstön tai tietomallikoordinaattorien johdolla. Kun koko työmaahenkilöstöllä on mahdollisuus hyödyntää tietomalleja, toimintatapoja on mahdollista muuttaa digitaalisemmiksi ja tietomallien käytöstä saadaan suurempi hyöty. Markkinoilla on myös uusia lisätyn todellisuuden AR-järjestelmiä, joiden käyttöönottoa kannattaa harkita. Kun uutta teknologiaa otetaan käyttöön, on tärkeää huolehtia riittävästä käyttökoulutuksesta, jotta sovellukset saadaan heti täysimääräisesti hyötykäyttöön.

Tutkittujen tulevaisuuden näkymien ja tarpeiden pohjalta työssä hahmoteltiin investointisuunnitelmaa kohdeyritykselle. Tulevaisuutta koskevat ratkaisut on usein tarpeen jakaa kahtia, yritys- ja hanketason ratkaisuihin. Yritystason päätöksillä määritellään puitteet hanketason ratkaisuille. Kaikkia päätöksiä ei kuitenkaan pidä tehdä yritystasolla, vaan myös projektihenkilöstöllä pitää olla vaikutusvaltaa. Tärkeiksi lähivuosien kehitystarpeiksi työssä tunnistettiin tarve hankkia työnjohdolle työvälineitä tietomallien käsittelyyn. Ensin käyttöön tulisi ottaa työmaanhallintajärjestelmä, joka mahdollistaa tietomallintamisen hyödyntämisen paremmin käytännön arjessa. Myöhemmin hankittavia palveluita ovat esimerkiksi AR-sovellukset. Lisäksi arvioitiin tietomallintamisesta aiheutuvia kustannuksia tulevan viiden vuoden aikana. Kustannustiedon avulla urakoitsijalla on mahdollisuus budjetoida tietomallintamiseen liittyviä kustannuksia. Kustannusjakaumista havaittiin, että tällä hetkellä koneohjausjärjestelmien ylläpito on suurin yksittäinen kuluerä.

6.2 Jatkotutkimustarpeet

Tietomallintaminen kehittyy jatkuvasti, minkä vuoksi tutkimustyölle on tarve tulevaisuudessaakin. Erityisesti uuden tekniikan, kuten tietojärjestelmien ja lisätyn todellisuuden sovellusten hyödyntäminen infra-alalla tarjoaa tutkimusaiheita. Mallipohjainen laadunvarmistus on jatkossa yhä tärkeämpi osa rakentamista, kun tilaajat ottavat käyttöön uusia tietojärjestelmiä, jotka hyödyntävät nykyistä paremmin tietomalliaineistoa. Tulevaisuudessa myös automaation lisääntyminen työkoneissa lisää tutkimustarvetta.

Tutkimuksia ei juurikaan ole tehty rakennusurakoitsijan näkökulmasta, vaan suuri osa tutkimustöistä keskittyy tilaajan tai suunnittelijan tarpeisiin. Suuri osuus tietomallintamisen mahdollistamasta tuottavuuskehityksestä on kuitenkin saavutettavissa rakentamisen aikaista työtä tehostamalla. Tämän vuoksi tutkimuksissa olisi tärkeää huomioida enemmän tietomallintamisen sovellusten käyttöä rakentamisvaiheessa. Tutkimuksissa

olisi hyvä myös huomioida työmaiden todelliset tarpeet ja olosuhteet, joissa eri laitteita sekä palveluita käytetään.

LÄHTEET

3D-Koppi Oy, (2019), Koneohjausmalli, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.10.2019): <http://www.3dkoppi.fi/koneohjausmalli/>

Airaksinen M., Honkatukia J., Häkkinen K., Kettunen O., Niemelä M., Vainio T., Ventä O., (2018), Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2018, raportti, 93 s.

Bradley A., Dunn S., Lark R., Li H., (2016), BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective, *Automation in Construction* 71, artikkeli, 14 s.

BuildingSMART Finland, (2017), Inframodel4 käyttöön 1.2.2018, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2019): <https://buildingsmart.fi/inframodel4-kayttoon-1-2-2018/>

BuildingSMART Finland, (2019a), Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1, 147 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf

BuildingSMART Finland, (2019b), Inframodel4-käyttöohje, 17 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf

BuildingSMART Finland, (2019c), InfraBIM-nimikkeistö, 52 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/08/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_721.pdf

CEDR, (2018), National Road Authority Connected and Automated Driving strategy 2018-28, Final Version, 8 s.

Civilpoint Oy, (2019), Digitaalinen työmaa, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://civilpoint.fi/ohjelmistot/trimble/digitaalinen-tyomaa/>

Cronvall T., Kråknäs P., Turkka T., (2012), Laserkeilauksen käyttö liikennetunneleiden kunnossapidon hallinnassa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2012, 84 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2012-41_laserkeilauksen_kaytto_web.pdf

Demšar U., Mäkelä J., Virrantaus K., (2009), Supporting the development of shared situational awareness for civilian crisis management with Geographic Information Science, Research plan, Urban and Regional Data Management: UDMS 2009 Annual, Lontoo, 13 s.

Endsley M., (1995), Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, *Human Factors* 1995 37(1), 33 s.

Geotrim, (2019), Trimnet VRS-palvelu, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.10.2019): <https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/>

Geotrim, (2020), Trimble SiteVision, lisätyn todellisuuden järjestelmä ulkokäyttöön, esite. Saatavissa (viitattu 24.1.2020): https://geotrim.sharepoint.com/sites/markkinointiaineistot/Tiedostot/022516-475_Trimble_SiteVision_Sheet_0819_LR_fi.pdf

- Heikkilä R., Jaakkola M., (2006), Automation of road construction – the state of the art in Europe, 23rd International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 5 s.
- Heikkilä R., Heikkilä J., Mikkonen M., (2013), Applicability of an unmanned aerial vehicle surveying to the measurement of digital terrain model, 30th International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 8 s.
- Heikkilä R., Tiitinen P., (2013), Dynamic management of road construction operations on site, 30th International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 8 s.
- Heikkilä R., Vermeer M., Makkonen T., Tyni P., Mikkonen M., (2016), Accuracy assessment for 5 commercial RTK-GNSS systems using a new roadlaying automation test center calibration track, 33rd International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 6 s.
- Heikkilä R., Makkonen T., Niskanen I., Immonen M., Hiltunen M., Kolli T., Tyni P., (2019), Development of an earthmoving machinery autonomous excavator development platform, 36th International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 7 s.
- Hexagon Geosystems, (2019), HxGN SmartNet, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.10.2019): <https://hxgnsmartnet.com/fi-fi>
- Hiab, (2019), HiVision, puunkuormauksen tulevaisuus, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://www.hiab.com/fi-FI/Alkusivu/hivision/>
- Hirsjärvi S., Hurme H., (2008), Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki, 213 s.
- Ihku-allianssi, (2018), Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi, hankesuunnitelma, 15 s. Saatavissa: https://ihkuallianssi.fi/wp-content/uploads/2019/01/Ihku_hankesuunnitelma.pdf
- Ihku-allianssi, (2019), Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://ihkuallianssi.fi/>
- Infrakit, (2019a), Infrakit-pilvipalvelu, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.10.2019): <https://infrakit.com/fi/>
- Infrakit, (2019b), Infrakit, käyttöopas, 81 s. Saatavissa (viitattu 28.10.2019): https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/Infrakit_manual_108_fi.pdf
- Jaakkola M., (2010), Työkoneautomaatio hyötykäyttöön, haaste työnjohdolle, Tierakennusmestari 4/2010, 3 s. Saatavissa: <http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/Jaakkola.pdf>
- Jaakkola M., (2018), Mallipohjaisen tiivistämisen pilotti, Liikenneviraston automaattisen tiedon tuotannon kokeilu, 26 s. Saatavissa: https://vayla.fi/documents/20473/367242/MP_tiivist%C3%A4misen_pilottiraportti_final.pdf/
- Junnonen J-M., (2018), 3+1 kysymystä digitalisaation roolista rakentamisessa, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.10.2019): <https://kirafoorumi.fi/31-kysymysta-digitalisaation-roolista-rakentamisessa/>

- Kaario K., Peltola T., (2008), Tiedonhallinta, avain tietotyön tuottavuuteen, WSOYpro/Docendo, Porvoo, 164 s.
- Karjalainen M., (2019), Satelliittien hyödyntämismahdollisuudet, sähköpostikeskustelu, 13.12.2019.
- Kauppinen J., (2010), Kustannustehokas suuntima-anturi kaivinkoneen työnohjaukseen, Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö, 75 s. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6650/kauppinen.pdf>
- Keskinen K., (2019), Tietomallin hyödyntäminen työnjohdon apuvälineenä infrahankkeessa, Saimaan ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö, 34 s. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/227145/Kalle_Keskinen.pdf
- Ketola J., (2018), Koneohjauksen käyttöönotto pk-maarakennusyrityksessä, Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö, 98 s. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/25855/ketola.pdf>
- Kilpeläinen P., Nevala K., Tukeva P., Rannanjärvi L., Näyhä T., Parkkila T., (2004), Älykäs tietömaa, tienrakennuskoneiden modulaarinen ohjaus, VTT, 121 s. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2255.pdf>
- Kivimäki T., Heikkilä R., (2015), Infra BIM based real-time quality control of infrastructure construction projects, 32nd International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 7 s.
- Konepörssi, (2014), Infra-alan kehitys ja tietomallinnus BIM, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 17.10.2019): <https://www.koneporssi.com/uutiset/infra-alan-kehitys-ja-tietomallinnus-bim/>
- Konepörssi, (2017), 3D-koneohjaus tulossa maantiivistykseenkin, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.10.2019): <https://www.koneporssi.com/uutiset/3d-koneohjaus-tulossa-maantiivistykseenkin/>
- Koskela A., (2018), Automaattiajaminen, sujuvampaa ja turvallisempaa liikennettä kokeilujen kautta, Väylät & Liikenne 2018, esitelmä.
- Kriz M., (2018), Yhteisellä matkalla kohti digitaalista työmaata, Civilpoint Oy, blogi. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://civilpoint.fi/2018/03/blogi-yhteisella-matkalla-kohti-digitaalista-tyomaata/>
- Krug A., Seidel P., Knoblinger T., (2019), Autonomous machines in the fast lane?, Arthur D. Little, artikkeli, 4 s.
- Kulmala R., (2018), Automaattiajamisen kustannusvaikutukset tienpitäjille, Väylät & Liikenne 2018, esitelmä.
- Kylmälä A., (2015), Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 3/2015, 114 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf
- Laurila P., (2012), Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet, Rovaniemen ammattikorkeakoulu, 431 s. Saatavissa: <https://www.ramk.fi/loader.aspx?id=7fe99c68-3849-4fa8-a563-9327cf51ea79>

Leica Geosystems, (2019a), Leica ConX, pilviratkaisu ja verkkoliittymä tietojen jakamiseen ja tarkasteluun, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.10.2019): <https://leica-geosystems.com/fi-fi/services-and-support/workflow-services/leica-conx>

Leica Geosystems, (2019b), Palaveri GRK-Leica, 3.10.2019, Vantaa.

Liikennevirasto, (2011), Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje, Liikenneviraston ohjeita 18/2011, 202 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-18_tie_ja_ratahankkeiden_web.pdf

Liikennevirasto, (2014), Siltojen tietomalliohje, Liikenneviraston ohjeita 6/2014, 82 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf

Liikennevirasto, (2015), Liikenne ja liikkuminen Suomessa v. 2025, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 31.10.2019): <https://vayla.fi/documents/20473/57184/Liikennepalvelunasettiin.pdf/502690ef-a8a2-4de2-ac64-bb387609e1da>

Liikennevirasto, (2017), Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje, Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 76 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf

Liukas J., (2018), Digitalisaatio työmaan arjessa nyt ja tulevaisuudessa, tietomallinnus avuksi oton suunnitteluun, Kiviaines- ja murskauspäivä 19.1.2018, esitelmä.

Länsimetro, (2018), Tilannehuone pitää koko projektin ajan tasalla, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.11.2019): <https://www.lansimetro.fi/uutiset/tilannehuone-pitaa-koko-projektin-ajan-tasalla/>

Makkonen T., Nevala K., Heikkilä R., (2006), A 3D model based control of an excavator, Automation in construction 15, artikkeli, 7 s.

Mällinen J., (2018), Kaivinkone luopuu kuljettajasta OuluZone+:ssa, Oulun yliopisto, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://www oulu.fi/yliopisto/node/50307>

Nippala E., Vainio T., (2017), Liikenneinfrastrukturi 2040, VTT Technology 283, raportti, 56 s. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/sites/infra2030/PublishingImages/infraraken-taminen-muutoksessa-julkaisut/Liikenneinfrastrukturi%202040.pdf>

Novatron, (2019a), Mitä on koneohjaus?, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.10.2019): <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

Novatron, (2019b), Xsite® PRO 3D, Älykästä koneohjausta kaikille työmaille, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.10.2019): <https://novatron.fi/koneohjaus/kaivinkoneisiin/xsite-pro-edistynyt-3d/>

Novatron, (2019c), Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2019, 20 s. Saatavissa: https://novatron.fi/wp-content/uploads/2019/05/Novatron-yleisesite-2019_web-05-2019.pdf

Novatron, (2019d), Novatronilta semi-automaattioratkaisu kaivinkonevalmistajille, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://novatron.fi/novatronilta-semi-automaattioratkaisu-kaivinkonevalmistajille/>

Parmes E., (2010), Tarkat satelliittikuva-aineistot, Positio 4/2010, artikkeli.

- Pekkala J., (2015), 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 58/2015, 90 s. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf
- Perttula T., Savolainen T., (2019), Kansainvälinen tietomallistandardointi tulee, pienestä BIMistä isoon tornadoon?, BuildingSMART Finland, blogi. Saatavissa (viitattu 4.11.2019): <https://buildingsmart.fi/kansainvalinen-tietomallistandardointi-tulee-pienesta-bimista-isoon-tornadoon/>
- Rakennuslehti, (2019), Norjassa tehdään siltatyöhanke kokonaan ilman piirustuksia, uutinen. Saatavissa (viitattu 18.11.2019): <https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/norjassa-tehdään-siltatyöhanke-kokonaan-ilman-piirustuksia/>
- Rantanen H., (2018), Tilannekuvan tuottaminen, hyödyntäminen ja jakaminen, kriittinen nykytilan tarkastelu, Aluehallintovirastojen julkaisuja 42/2018, 46 s. Saatavissa: https://www.avi.fi/documents/10191/10616116/Julkaisu-42_20180713.pdf/
- RASTI-projekti, (2019), Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi, nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä, raportti, 25 s. Saatavissa: <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf>
- Remondino F., Zhang L., (2012), Surface reconstruction algorithms for detailed close-range object modeling, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, Switzerland, artikkeli, 7 s.
- RIL, (2019), Digitaaliset ratkaisut -paneeli: ekosysteemeistä tulevaisuuden kasvualusta, Rakennustekniikka 3/2019.
- Salmi J., (2015a), Liikennevirasto edistää ja edellyttää inframallintamista, InfraBIM-tiedotuslehti 2015. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/03/INF-RABIM_Tiedotuslehti2015_web.pdf
- Salmi J., (2015b), Inframallintamisen visio 2025, InfraBIM-tiedotuslehti 2015. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/03/INFRABIM_Tiedotuslehti2015_web.pdf
- Satellite Imaging Corporation, (2019), Satellite Sensors, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.11.2019): <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/>
- Tiitinen P., (2013), Väylärakennustyömaan dynaaminen johtaminen, Oulun yliopisto, diplomityö, 60 s. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201304051126.pdf>
- Topgeo Oy, (2019), Mitä koneohjaus on?, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.10.2019): http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=126
- Viljamaa E., Peltomaa I., Hovila J., Heikkilä R., (2012), Advanced process control for infrastructure building processes, 29th International symposium on automation and robotics in construction (ISARC), artikkeli, 8 s.
- Viljamaa E., Peltomaa I., (2014), Intensified construction process control using information integration, Automation in Construction 39, artikkeli, 8 s.
- Värri A., (2015), Tietomallintamisen aiheuttamat muutostarpeet suurten infrarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen, Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö, 69 s. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23242/varri.pdf>

Väylä, (2019a), Tietomallinnuksen ohjeistus, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.10.2019): <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus>

LIITE A: HAASTATTELULOMAKE



Tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet

Henri Perälä

Diplomityö

Teemahaastattelu

- **Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet**
 1. Mitkä asiat näette tietomallintamisen suurimpina hyötyinä?
 2. Mitkä ovat suurimmat kehitystarpeet tietomallintamisessa?
 3. Millaisena näette tietomallintamisen tulevaisuuden?
- **Koneohjaus**
 4. Mikä on koneohjauksen rooli tulevaisuudessa?
 5. Miten uskotte teknologian kehittyvän lähitulevaisuudessa ja onko kehitykselle nähtävissä esteitä?
- **Reaaliaikainen tilannekuva**
 6. Mitä reaaliaikainen tilannekuva mahdollistaa?
 7. Millaisia henkilökohtaisia kokemuksia tilannekuvan hyödyntämisestä teillä on? (Sovellukset, teknologian toimivuus)
- **Tiedonhallinnan kehitys**
 8. Kuinka näette avoimien rajapintojen tulevaisuuden kehityksen? (Avoimet formaatit, ohjelmistoriippumattomuus, mahdolliset esteet)
 9. Onko lopputuotteen vaatimuksiin odotettavissa muutoksia?
- **Ohjelmistojen kehittyminen**
 10. Millaisia kehityssuuntia ohjelmistoissa on nähtävissä?
 11. Ovatko yhteensopivuusongelmat aiheuttaneet haasteita toiminnassa?
 12. Onko ohjelmistoja pystytty hyödyntämään tehokkaasti kaikissa hankkeen vaiheissa, myös työmaaolosuhteissa?